Р 81/13 в. IV

ИСТОРИЯ ТЕХНИКИ

ВЫПУСК IV

ОНТИ · 1936

КОМИССИЯ ПО МАРКСИСТСКОЙ ИСТОРИИ ТЕХНИКИ ПРИ К[redacted]ТО СССР

107 557/2 Р 81/13

ИСТОРИЯ ТЕХНИКИ

ВЫПУСК ЧЕТВЕРТЫЙ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ: АЛЕКСАНДРОВ А. Я., [redacted],
ГУРЕВИЧ Ш. И. (ОТВ. СЕКРЕТАРЬ), ЗВОРЫКИН А. А. (ЗАМ. ОТВ. РЕД.),
КОЛЬМАН Э., КРЖИЖАНОВСКИЙ Г. М. (ОТВ. РЕД.), РУБИНШТЕЙН М. И.,
СОРОКИН М. Л., [redacted]

Цена 8 р., пер. 1 р.

ОБЪЕДИНЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО НКТП СССР
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ ОБЩЕТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И НОМОГРАФИИ
МОСКВА 1936 ЛЕНИНГРАД

Т-19-5-4
ТКК № 110

362729
П-26340.

Редакция *А. А. Зворыкина.* Оформление *Э. М. Бейлиной.* Корректура *И. П. Загрядскова.*

Сдано в производство 5 августа 1935 г. Подписано к печати 13 марта 1936 г.

Количество бум. листов 9¹/₈. Уч.-авт. л. 28¹/₄. Тираж 10 000 экз. Формат 72 × 110¹/₁₆.

Колич. печ. знаков в бум. л. 126832. Печ. л. 18¹/₄. Зак. тип. № 2701. Гл. ред. общетехн. лит. № 22.

Уполномоченный Главлита № В-37048.

4-я типография ОНТИ НКТП СССР „Красный Печатник". Ленинград, Международный, 75а.

В. ДАНИЛЕВСКИЙ

История техники как один из факторов технического прогресса

I

Историческую задачу построения социализма в нашей стране пролетариат СССР выполняет под руководством партии и ее вождя т. Сталина, критически используя весь опыт предшествующего развития техники и науки.

«Нужно взять всю культуру, которую капитализм оставил, и из нее построить социализм, — учил Ленин, — Нужно взять всю науку, технику, все знания, искусство. Без этого мы жизнь коммунистического общества построить не можем» [1].

Техника прошлого не есть достояние архивов, она должна быть поставлена на службу социалистического строительства.

Конечно, и в буржуазном обществе имеют место отдельные случаи использования историко-технических исследований при решении современных технических и хозяйственных проблем. Но эти случаи — только отдельные эпизоды, отдельные, затерявшиеся островки на общем фоне работы буржуазных исследователей. Как пример такого эпизода, можно привести известные работы Британской ассоциации по выявлению древних центров снабжения Мессопотамии медной рудой, содержащей никель [2]. Известен также ряд примеров эпизодического использования результатов исследования древних горных разработок и в иных районах. Можно указать еще некоторые весьма немногие примеры аналогичного использования в буржуазном обществе технического опыта прошлого и в других отраслях промышленности.

Таким отдельным эпизодам, которые только и могут иметь место при капитализме, мы должны противопоставить широкую мобилизацию технического опыта прошлого для настоящего и будущего.

Работа, проведенная нами до настоящего времени, уже позволяет наметить некоторые основные группы технических проблем, для практического разрешения которых необходимы специальные историко-технические исследования:

1. Технические проблемы, не получившие развития в специфических условиях капиталистического способа производства в результате:

1) омертвления при капитализме величайших технических возможностей;

2) односторонности развития техники при капитализме;

3) регресса в отдельных звеньях техники при капитализме.

2. Технические идеи, источником которых является историко-техническое исследование:

1) забытого технического опыта докапиталистических обществ;

2) технических проблем, решение которых дано, но не реализовано в прошлом из-за отсутствия достаточных материальных и научных предпосылок;

---

[1] Ленин, Успехи и трудности советской власти, Соч., XXIV, стр. 65.

[2] Peak Harold, The Copper Mountain of Magan. Antiquity, 1928, II, № 8, стр. 452—457.

3) технического опыта, не реализованного в результате колонизаторской политики капиталистических стран.

3. Историко-техническое изучение извращений технических терминов, тормозящих технический прогресс.

Приведенный далее фактический материал конкретно иллюстрирует выдвинутые здесь положения.

II

Классиками марксизма-ленинизма дан исчерпывающий анализ противоречий развития капиталистической техники. Этот вопрос неоднократно рассматривался в нашей литературе, особенно в последние годы. Теперь перед нами стоит задача мобилизации также и историко-технических исследований для содействия возможно более широкому использованию омертвленного капитализмом творчества.

Мы обязаны критически пересмотреть архивы капиталистической техники, выявляя для реализации те проблемы, практическое осуществление которых при капитализме было отвергнуто экономикой.

За относительно короткий по сравнению со всей предшествующей историей период своего существования «буржуазия создала более могущественные и более грандиозные производительные силы, чем все предшествующие поколения, вместе взятые» [1].

Но за этот же короткий период буржуазия успела создать и великое царство теней. Она заполнила архивы омертвленными проектами и изобретениями, которые при всей их технической рациональности оказались по тем или иным причинам неуместными или неосуществимыми в буржуазном обществе. На примерах стекольной [2], автомобильной [3] промышленности, на примерах таких великих произведений технического творчества, как проект ламаншского туннеля [4] или подземная газификация угля [5], Ленин исчерпывающе показал бессилие капитализма использовать все возможности, созданные развитием техники и науки. Ленин раскрыл перерастание техникой рамок капиталистического способа производства.

Не реализованными остались и будут оставаться при капитализме технически вполне разработанные проекты создания единых электроэнергетических систем в пределах отдельных стран и целых континентов [6].

В буржуазной технической прессе уже десятки лет дебатируются проекты постройки мощных электроцентралей, использующих энергию океанских приливов и отливов. Особенную известность получили проекты инженеров Северена, Пейна и других. Предварительные опыты постройки и эксплоатации небольших приливно-отливных электростанций уже дали вполне положительный результат. На основе этих экспериментов для одной только Франции уже разработаны десятки проектов приливно-отливных электроцентралей с мощностями от 65 000 до 1 000 000 *л. с.* Из английских проектов можно указать проект постройки таких энергостанций в Бероу на 24 000 *л. с.*, в Ланкашире на 7 800 *л. с.*, в Девоншире на 2 000 *л. с.* и, наконец, в Бристольском канале, в который впадает р. Северн, — на 500 000 *л. с.* [7] и ряд других.

---

[1] К. Маркс и Ф. Энгельс, Коммунистический манифест, Соч. М. и Э., т. V, стр. 488.

[2] Ленин, Империализм как высшая стадия капитализма, Соч., т. XIX, стр. 151.

[3] Ленин, Одна из модных отраслей промышленности, Соч., т. XVI, стр. 534.

[4] Ленин, Цивилизованное варварство, Соч., т. XVII, стр. 622—623.

[5] Ленин, Одна из великих побед техники, Соч., т. XVI, стр. 368—369.

[6] З. Ракоши, «Планы» электрификации капиталистической Европы, М.—Л. 1934; В. Вейц, Современное развитие электрификации в капиталистических странах, Л. 1933, стр. 150—174.

[7] В. Данилевский, Белый уголь, 1931, стр. 71.

Бристольская станция по проекту должна состоять из 280 турбин по 1 800 *л. с.* установленной мощности каждая.

11 триллионов *л. с.* — так измеряется по некоторым подсчетам работа, непрерывно выполняемая движением приливов и отливов во всех океанах.

Каждый день во время прилива у берегов Франции волны поднимаются на высоту до 8 *м*, в Ламаншском проливе — до 9 *м.*, у берегов Англии — до 11 *м*, а в некоторых местах океанского побережья и на 26 *м*.

Хотя приливно-отливные явления на побережьях СССР и не столь грандиозны, однако и здесь могут быть получены сотни миллионов лошадиных сил за счет пеласгической энергии. Средняя амплитуда суточных колебаний приливно-отливной волны у Орловского маяка на Белом море составляет свыше 4 *м*, у острова Пасканец — 2,2 *м*, на побережье Северно-Ледовитого океана в Териберке — 2,4 *м*, в Екатерининской гавани — 2,3 *м*, на Тихоокеанском побережье СССР в губе Лебяжьей — 3,7 *м*, у мыса Астрономический — 3,7 *м*, в бухте Абрек—3 *м* и т. д. [1].

Во время свежего ветра энергия от одного удара волн в берега Франции по некоторым подсчетам могла бы дать при ее использовании до 100 млн. *л. с.* Технические возможности использования этой энергии имеются, но при капитализме они реализуются в самых ничтожных размерах.

К числу таких же омертвленных проектов следует отнести проект Зоргеля о постройке гидроэлектрической станции в Гибралтарском проливе [2], многочисленные проекты использования лучистой солнечной энергии, энергии движения воздушных масс, внутреннего тепла земли, разницы температур верхних и нижних слоев воды тропических морей.

Практическое осуществление всех этих технических идей возможно только в стране строящегося социализма на основе учета всей работы, уже проведенной, но омертвленной при капитализме. В деле выявления, критического изучения и использования всего сданного в архивы технического творчества должны сыграть активную роль советские историки техники.

* * *

Односторонность технического развития при капитализме мы можем наблюдать в ряде отраслей капиталистической промышленности. Достаточно указать на развитие капиталистической энергетики. Борьба постоянного и переменного тока в линиях высоковольтных передач закончилась в буржуазных странах почти полной победой переменного тока. И только в условиях организации советских межрайонных передач встает во весь рост значение постоянного тока для переброски очень крупных мощностей на большие расстояния [3].

Особенно резко сказалась односторонность технического развития в самых способах получения электроэнергии. Современный электрический генератор основан на получении электричества за счет механического движения посредством электромагнитной индукции. Конструктивно можно определить современные электрогенераторы как вращающиеся преобразователи механической энергии в электрическую. Электрохимические генераторы — гальваноэлементы — играют пока вспомогательную роль и только в области слабых токов.

Современные электрогенераторы возвращают нам до 95% энергии, подведенной к ним от первичного двигателя. Однако положение с генерированием электроэнергии в области сильных токов можно признать благополучным только на гидроэлектрических станциях. Лишь здесь имеет место соответствие механического двигателя (гидротурбина) и электрического генератора не только по конструктивному выполнению, но также и по техно-экономическим показателям. На тепловых станциях мы имеем обратную картину. Высокой рентабельности электрогенера-

[1] В. Ляхницкий, Синий уголь, Л. 1926, стр. 83—87.
[2] «Ленин и техника», История техники, сб. II, М. 1934.
[3] А. Чернышев, Постоянный ток высокого напряжения, «Электроэнергетика СССР», 1934, т. I стр. 584.

тора противостоят огромнейшие, невозвратимые растраты энергии в тепловом звене. Общеизвестно, что полный экономический *КПД* для конденсационных паротурбинных установок только в отдельных случаях достигает 25%, а в теплофикационных установках если и доходит до 75%, то лишь за счет использования энергии отработавшего пара примерно до 65%, при одновременном снижении использования тепла, идущего непосредственно на производство электроэнергии, до величин порядка 6 или 7%.

В конечном итоге, если мы возьмем капиталистическое хозяйство в целом, то, как это сообщал В. Вейц на II мировой энергетической конференции: «средний фактический *КПД* децентрализованных первичных установок в промышленности около 7—8% и лишь в электроцентралях *КПД* достигает в среднем цифры порядка 12—15%. Относительно ничтожны также размеры фактического *КПД* большинства чисто тепловых установок. При этом удельный вес силового аппарата с наиболее низким фактическим коэфициентом доминирует в мировом хозяйстве» [1].

По Стюарту Чэйзу потери на пути от шахты до получения механической энергии в тепловых двигателях составляют 96% энергии использованного топлива [2].

Столь ничтожное, характерное для хищнического капиталистического хозяйства использование энергии топлива в теплосиловом хозяйстве настоятельно требует реконструкции наличного энергоаппарата, напряженнейших поисков для создания новых энергетических средств, адекватных самому существу социалистической техники.

История техники может привести десятки примеров оригинальных попыток генерирования электроэнергии, не получивших применения при капитализме отнюдь не из-за порочности самих принципов, положенных в основу этих конструкций. Насколько оригинальные решения здесь возможны, показывает принцип паровой электрической машины, предложенной Армстронгом, наблюдавшим в 1840 г. выделение искр при быстром истечении пара из предохранительного клапана парового котла. На основании ряда наблюдений Армстронг установил электрическую природу явления [3], а в 1842 г. он сконструировал специальную электрическую паровую машину [4].

Паровой котел был монтирован на стеклянных опорах (рис. 1). Образующийся в котле пар под давлением до 5—6 *ат* заставляли проходить через систему узких прорезов и отверстий, высверленных в цилиндре из букового дерева. Благодаря интенсивному трению водяной пар непрерывно получал положительный заряд (в то же время котел заряжался отрицательным электричеством). Положительное электричество пара собирали при помощи игольчатого электрода на кондукторе и т. д. [5].

Очевидно, что сейчас необходимо изучение принципа машины Армстронга советскими электротехниками с целью установить возможность нового оформления этого же принципа в разрезе ионных процессов.

Еще более желательно и необходимо изучение архивов истории техники, говорящих нам о многочисленных попытках генерирования электроэнергии также за счет энергии топлива, но уже без всяких промежуточных этапов, т. е. без использования водяного пара.

Это прежде всего попытки разрешить основную и самую крупную задачу в развитии гальванических элементов — использование энергии сгорания угля

---

[1] В. Вейц, Энергетическая проблема современного мирового хозяйства, 1930, стр. 351.
[2] С. Чэйз, Трагедия расточительства, 1926, стр. 124.
[3] «Philosoph. Magaz». № 17, 18, 19, 1840.
[4] Там же, № 23, 1843.
[5] Машина Армстронга с котлом емкостью 40 *л* давала в секунду 5 разрядов с длиной искры 15 *см*. Политехнический институт в Лондоне построил такую машину с котлом в 2 *м* длиной, дававшую в секунду 46 разрядов при длине искры в 60 *см*.

непосредственно в гальваническом элементе. В получивших до сих пор практическое применение гальванических элементах уголь применяется в качестве электроотрицательного, нерасходующегося электрода. Задача же состоит в том, чтобы добиться непосредственного превращения энергии сгорания угля в электрохимическую энергию в самом гальваническом элементе [1]. Однако эта задача остается до сих пор неразрешенной, несмотря на множество попыток, произведенных в этом направлении. Еще в 70-х годах XIX в. Дю-Монсель и Яблочков, затем Газа, Бартольди и Папасольги пытались осуществить гальванические элементы с двумя угольными электродами. Дальнейшим шагом на этом пути были попытки создания кислородно-угольных элементов Оствальда [2], Борхерса, Коэна, Томази и Радиге [3]. Затруднения, вызванные условиями протекания процессов в угольных элементах при нормальной температуре, вызвали попытки создания гальванических элементов, в которых уголь был бы погружен в расплавленный электролит. В этом смысле особенно ценна мысль Грове, еще в 1854 г. указавшего, что в самом процессе горения вообще имеет место образование электроэнергии и что вместо дорогого цинка и кислот, употребляемых для получения электричества в гальваноэлементах, следовало бы использовать для этого непосредственно самое горение [4].

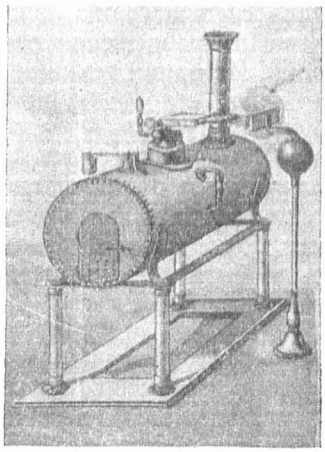


Рис. 1. Пароэлектрическая машина Армстронга.

Впоследствии Пелла установил размеры электродвижущей силы, возникающей при горении.

Гор в 1864 г., Яблочков в 1877 г., Брард в 1887 г., Жак в 1896 г. конструируют элементы с углем в расплавленном электролите. Яблочков предлагал брать чугунный сосуд, играющий роль нерасходующегося электрода и одновременно вместилища для расплавленных солей. Он предлагал опускать в электролит железную проволочную корзину с коксом, играющим роль расходующегося электрода. Элемент Жака состоял также из железа (играющего одновременно роль и сосуда и электрода), расплавленного едкого натра и угля в качестве расходующегося электрода.

Несмотря на множество дальнейших попыток, произведенных в этом направлении, проблема все же продолжает оставаться неразрешенной, и некоторые специалисты утверждают даже, что мало надежды на ее положительное разрешение [5]. Но в то же время такие исследователи, как А. Иоффе, выдвигают снова эту идею в числе реальных задач, осуществление и практическое применение которых совершенно изменили бы лицо техники.

«Первой в этом ряду, — говорит акад. Иоффе, — стоит проблема окисления угля при низких температурах и, в частности, в гальваническом элементе. Достаточно сказать, что всякий способ «обратимого» окисления (например в гальваническом элементе) уже позволил бы превратить в полезную энергию все 100% запаса энергии, тогда как сейчас мы используем в лучшем случае 20—30%, навсегда обесценивая остальное. Возможно, что новые методы использования

---

[1] А. Гюнтер-Шульце, Гальванические элементы, 1931, стр. 55.

[2] Характерно, что Вильгельм Оствальд в своем докладе на Лейпцигском съезде электротехников в 1894 г., анализируя вопрос о создании такого элемента и о стимулах работы в этом направлении, исходил непосредственно из несовершенства паровой машины и огромных тепловых потерь при ее применении.

[3] Популярную сводку этих попыток, а также попыток создания других видов генераторов — электрохимических, термоэлектрических, термомагнитных и термоэлектрохимических — дает А. Маркевич («Проблема электротехники», 1930).

[4] А. Маркевич, Проблема электротехники, стр. 11.

[5] Гюнтер-Шульце, Гальванические элементы, 1931, стр. 40.

угля сделают даже излишним добывание его из шахт на поверхность земли» [1].

При разрешении всех этих проблем история техники должна сыграть свою роль. Историки техники должны взять на себя работу по пересмотру технических архивов, старых журналов, непериодической литературы, результатом которой будут выявление, учет, систематизация и затем публикация критически обработанных материалов. Уже одна эта работа могла бы быть большим подспорьем при разрешении ряда современных технических проблем. Но такая работа историками техники нас по существу не ведется. К сожалению, такие проблемы, как например подземная газификация угля, постановка которых на порядок дня должна была быть делом советских историков техники, получают теперь практическое значение без участия последних.

В числе тем такого же порядка можно также указать историкам техники разработку материалов по генерированию электроэнергии за счет термоэлектрических процессов, работы по гелиодвигателям, фотоэлементам и т. д.

Такую же односторонность развития, как в области энергетики, мы наблюдаем и в других отраслях промышленности, например в красочной промышленности (проблема синтетических и естественных красителей), в металлургии (отказ от использования местных видов топлива) и во многих других [2].

III

Лозунг «где дивиденд, там и отечество» определяет деятельность всякого буржуа.

Не интересы страны, а прибыли принадлежащего ему предприятия определяют техническую политику капиталиста.

Неизбежное следствие — недооценка местных сырьевых ресурсов, односторонность в использовании материалов. В результате целый ряд сырьевых ресурсов, техника использования которых была разработана в прошлом, недооценивался при капитализме, недостаточно использовался, а то и вовсе был исключен из хозяйственного баланса.

С таким положением мы сталкиваемся в истории использования руд черных металлов. В частности, на территории нынешней Ленинградской области и в Карелии в конце XVIII в. и в первой половине XIX в. значительную роль играла местная черная металлургия. Она была сведена на-нет развитием металлургии Урала и особенно развитием южной металлургии на криворожских рудах. Вместе

[1] А. Иоффе, Неразрешенные проблемы техники, «Новая техника» № 1, 1931.

[2] Ставя вопрос о критическом использовании опыта капиталистической техники и науки, мы должны учесть возможность соответствующего использования даже таких технических приемов, которые, казалось бы, уместны только в капиталистическом обществе. Мы имеем в виду способы подсасывания нефти с чужих участков. Автор известного труда по практической геологии нефти Д. Хагер (Dorsey Hager, Practical oil geology, 3 Ed., New York, 1919. Русский перевод: Д. Хагер, Практическая геология нефти, М.—Л. 1926) в основу раздела «Проблемы эксплоатации месторождений нефти» положил «золотое правило», сформулированное в следующих словах: «Проблема извлечения максимального количества нефти из данного участка тесно связана с двумя проблемами: 1) извлечение максимального количества нефти из смежных участков, находящихся во владении других промышленников, 2) принятие мер против подсасывания данного участка скважинами смежных участков, находящихся во владении других промышленников» (стр. 134). Занимаясь научным обоснованием кражи нефти с чужих участков, Хагер дает при этом не только общие формулировки, но также и совершенно точно разрабатывает технику этого дела, посвящая ей специальный параграф своего труда: «Способы подсасывания нефти из смежных участков». Хагер дает ряд детальных указаний, приводит чертежи устройства скважин, отсасывающих нефть с чужих участков, и обосновывает ряд специальных технических приемов для увеличения добычи нефти за счет смежных участков, принадлежащих другим предпринимателям.

На Байкале, как известно, есть основание предполагать во многих местах наличие нефтеносных месторождений, хотя и недалеко от берегов, но под самым зеркалом озера. В подобных случаях при эксплоатации прибрежных участков иногда можно было бы применить технику «подсасывания нефти» из смежных участков. Этот метод уже применяется на некоторых бакинских промыслах, где нефть из пластов, лежащих под морским дном, извлекается скважинами, заложенными на берегу. Такой способ подсасывания нефти, несомненно, может найти применение и в ряде других мест.

с тем было почти заброшено использование местного топлива — торфа для металлургических нужд. Однако, если основной линией современной металлургии является ориентировка на каменноугольный кокс, при частичном использовании древесного угля для специальных целей, то это вовсе не обозначает отрицания возможности использования торфа в специфических условиях отдельных районов. Так и ставится этот вопрос в советской металлургии в Ленинградской и в некоторых других областях.

При такой постановке вопроса нельзя забывать того, что новая теперь для нас задача — освоение торфа в металлургическом процессе — в прошлом уже была в определенной степени разрешена.

Исторические источники, например источники XVIII в., говорят о том, что в то время уже была освоена выплавка чугуна на торфяном коксе и даже на кусковом торфе [1]. Но в процессе развития металлургии в капиталистических условиях торф как металлургическое топливо был забыт. И только в условиях планового социалистического использования всех местных ресурсов возникает проблема использования торфа в металлургии. Еще в годы гражданской войны инженер М. П. Вавилов провел ряд плавок на торфяном коксе и даже на натуральном кусковом торфе на Выксунском заводе. Снова были повторены такие плавки на том же заводе в 1930 г.[2]. Проведенные затем опытные плавки на Косогорском заводе подтвердили возможность и, в определенных условиях, целесообразность доменного процесса на торфяном топливе. В настоящее время эта задача разрабатывается дальше на основе работы специальной доменной печи Чернореченского комбината и других печей.

Односторонность в использовании сырьевых ресурсов при капитализме приобретает особенно уродливые формы в эпоху господства монополий, в ряде случаев направляющих хозяйственное развитие в стороны, ничего общего не имеющие с технической рациональностью. Ценнейшие виды сырья, техника использования которых уже стояла на достаточно высоком уровне, оказывались сметенными с лица земли мировыми монополиями. Достаточно привести несколько ярких примеров из истории техники производства и применения красящих веществ. Апологет капиталистической техники Вернер Зомбарт, обосновывая извращения путей технического развития при капитализме, выступает с доказательствами незыблемости лозунга о все более полной замене в современном производстве органического сырья минеральным [3]. Действительно, в условиях господства мировых красильных монополий с Interessen Gemeinschaft Farben Industrie во главе развитие производства синтетических красителей обозначало чуть ли не ликвидацию красителей животного и растительного происхождения.

Наиболее распространенной в капиталистическом обществе стала хлопчатобумажная ткань, окрашенная дешевыми синтетическими красителями.

Конечно, нелепо было бы отрицать, что развитие производства синтетических красителей — явление высоко прогрессивное. Это производство дает не только бесконечную гамму ценнейших красителей, но и ряд важнейших полупродуктов для производства фармацевтических и химических препаратов. Однако целый ряд естественных красителей обладает свойствами, отсутствующими у синтетиков.

Возьмем, например, крапп, борьба которого с искусственным ализарином закончилась при капитализме полной победой последнего. Однако при этом было упущено то важнейшее обстоятельство, что в состав краппа входит не только

---

[1] См. указания литературы: «Проблемы истории докапиталистических обществ», 1934, № 1, стр. 114.

[2] М. А. Павлов, Опыт плавки чугуна на торфяном коксе в Верхне-Выксунском заводе, «Домез», 1930, № 12, стр. 89.

[3] В. Данилевский, История материальной культуры и борьба за социалистическую индустриализацию, «Проблемы истории докапиталистических обществ», 1934, № 1, стр. 112—113.

ализарин, но и пурпурин, и что оба эти вещества в краппе действуют совместно. Ткань, окрашенная естественным красителем краппом, несравненно выше и по цветности и по стойкости, чем ткань, окрашенная искусственным ализарином. Таким образом в результате победы последнего имеет место определенное снижение качества ряда тканей. Особенно заметно это в специальных отделах текстиля, как например в производстве ковров. Исследования неоднократно подтверждали более высокие достоинства тканей, окрашенных именно естественными красителями [1]. В тех случаях, когда требуется долговечная высококачественная ткань, использование краппа, а не искусственного ализарина, может оказаться весьма желательным.

В условиях планового социалистического хозяйства, учитывающего все производственные возможности, мы обязаны ставить вопрос не о вытеснении одного из этих красящих веществ другим, а об одновременном использовании обоих, тем более, что мы имеем в СССР значительные естественные резервы краппа в виде дикорастущей Rubia tinctorum (марена). Работы Ивановского текстильного института над введением в наш хозяйственный оборот таких красителей, как продукты, получаемые, например, из каштанового дерева и др., — практический пример такой постановки вопроса.

* * *

Особо должно быть рассмотрено наличие регресса на отдельных участках техники при капитализме, несмотря на всю прогрессивность его по сравнению с предшествующим общественным периодом. Об этом регрессе говорит нам ряд готовых продуктов капиталистической техники. Мы видим его в способах использования местных, прежде всего строительных материалов. Он резко проявляется в технике изготовления произведений искусства. Для капиталистического развития в незыблемый закон превратилась формула: «Картина тем лучше сохранилась, чем она старее».

По качеству и расцветкам современные ткани, особенно отделочные ткани и ковры, не могут соревноваться с некоторыми сохранившимися образцами текстильного искусства предшествующих эпох. Напомним хотя бы об египетских тканях, дающих более высокие номера пряжи, чем известные в современной текстильной промышленности [2]. Результаты исследования тканей из Ноин-Ула в Институте исторической технологии показали, что эти шерстяные ткани, пролежавшие тысячу лет в земле, не уступают по ряду показателей современным сукнам. Для этого достаточно сравнить результаты исследования ткани большого многоцветного ковра из Ноин-Ула [3] с показателями, данными в советском ОСТ 2312 для первосортного «мундирного» сукна.

Борьба за качество советской ткани придает особенное значение вопросу об использовании всего опыта текстильной техники не только капиталистической, но и более ранних эпох. Совместной работой историков техники и работников промышленных научноисследовательских организаций и самих предприятий по освоению и использованию этого опыта могут быть созданы новые великолепные ткани, не имеющие себе равных ни в прошлом, ни в настоящем.

---

[1] См., например, «Технологическое изучение тканей курганных погребений Ноин-Ула». «Изв. ГАИМК», т. XI, вып. 7—9, 1932.

[2] См., например, результаты исследований древнеегипетских тканей, приведенных в работах: Braulik, Altägyptische Gewebe, 1900; Fl. Petri, The Arts and Crafts of Ancient Egypt, 1910.

[3] «Технологическое изучение тканей курганных погребений Ноин-Ула», «Изв. ГАИМК», т. IX, вып. 7—9, 1932, стр. 83 и др. Для древней ткани сопротивление на разрыв (полоска 5×20 *см*) по основе 17,4 *кг*, по утку—86 *кг*; для советского сукна (такая же полоска) по основе—28 *кг*, по утку—25 *кг*. На аппарате Герцога и Гейера древняя ткань выявила износ после 36 500 оборотов столика под трущей поверхностью, а современное «брючное» сукно выдерживает не более 12 500 оборотов.

IV

Игнорирование местного технического опыта, типичное вообще для колонизаторской политики капиталистов, особенно ярко проявилось в деятельности русских завоевателей в Средней Азии, в Крыму, на Кавказе. Во вновь завоеванные страны механически переносился технический опыт стран-завоевателей, без всякого учета местных условий.

Особенно резко сказались результаты колонизаторской технической политики в таких отраслях, как строительная техника и водоснабжение.

Вековой опыт древних среднеазиатских строителей, учитывавших все особенности местных грунтов, а также подверженность районов землетрясениям, дает весьма ценные материалы для современной строительной техники в Средней Азии. Бедность большинства районов Средней Азии строительным лесом привела здесь в древности к исключительно умелому использованию ограниченного ассортимента местных древесных пород (тополь, арча)[1], а также сырой и обожженной глины в качестве связующих веществ.

Основным строительным материалом древних зодчих были кирпич обожженный и кирпич-сырец, приготовленные из местного лёсса. В качестве материала для раствора применялся слабо обожженный алебастр (температура обжига ниже 150°) «ганч».

В районах Средней Азии, подверженных землетрясениям, пластичность и даже некоторая тягучесть ганчевых растворов дают им ряд преимуществ перед такими материалами, как известь. Свойства ганча были учтены древними бухарскими зодчими и широко использованы ими как определенный антисейсмический фактор [2].

Исследования показали, что в условиях Средней Азии лёссовая глина в ряде случаев является прекрасным связующим материалом при возведении монументальных зданий. Замечательно применение сырцового кирпича при возведении даже монументальных зданий. Примером может служить Караван-Сарай Рабат-и-Малик, построенный на дороге в Самарканд в XI в. н. эры Караханидом Шемас-Аль-Мульком-Насром, сыном Тамагач-Хана Ибрагима. Этот Караван-Сарай был описан сперва как здание, сооруженное из жженого кирпича [3]. Обследование Караван-Сарая Рабат-и-Малик на месте показало, что он сложен из кирпича-сырца и лишь облицован жженым кирпичом. Таким образом кирпич-сырец в этом случае оказался материалом, обеспечившим на протяжении свыше восьми веков сохранность здания, разрушение которого было делом только самих людей.

Умелое применение древними зодчими лёсса, ганча и местных пород дерева (тополь, арча), конструктивное выполнение зданий, дающее ряд интереснейших решений в области достижения сейсмостойкости, представляют ценнейший материал для советской строительной практики Средней Азии.

Весь этот многовековый опыт строительной техники игнорировался русскими завоевателями. В результате во время землетрясений гибли целые города, построенные на основе новой европейской техники (Верный — ныне Алма-Ата) а монументальные древние здания, сооруженные столетия тому назад, в большинстве продолжают стоять. Гибель этих исторических зданий, как правило, происходит не в

---

[1] Н. М. Бачинский, К вопросу об антисейсмических мероприятиях среднеазиатских зодчих XV—XVII вв., «Проблемы истории докапиталистических формаций» № 5, 1934, стр. 104—109.

[2] По указанию Н. М. Бачинского использование древними бухарскими зодчими ганча для повышения сейсмостойкости привело в ряде случаев при кладке монументальных зданий к устройству постельных швов, по толщине почти равных толщине кирпича. Ганчевый раствор в таких зданиях XV—XVII вв. иногда составляет до 30% всей кладки.

[3] Н. М—в., От Шахризябза до Бухары, «Туркестанские ведомости» № 6, 1875.

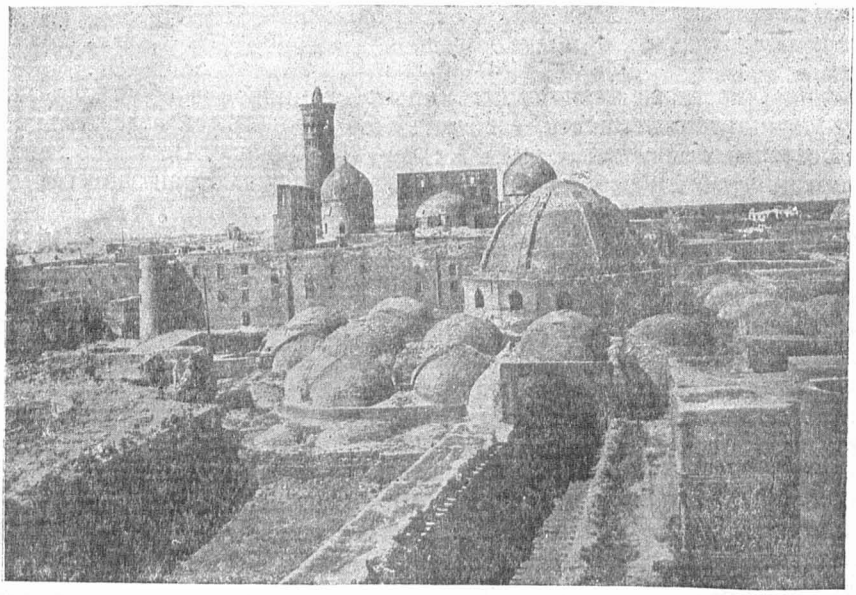


Рис. 2. На заднем плане большой минарет («Башня смерти»), построенный в XII в., ближе — купола и порталы Медрессе Мир-и-Араб постройки XV в. На переднем плане купола Таки Заргарон — базарные купола.

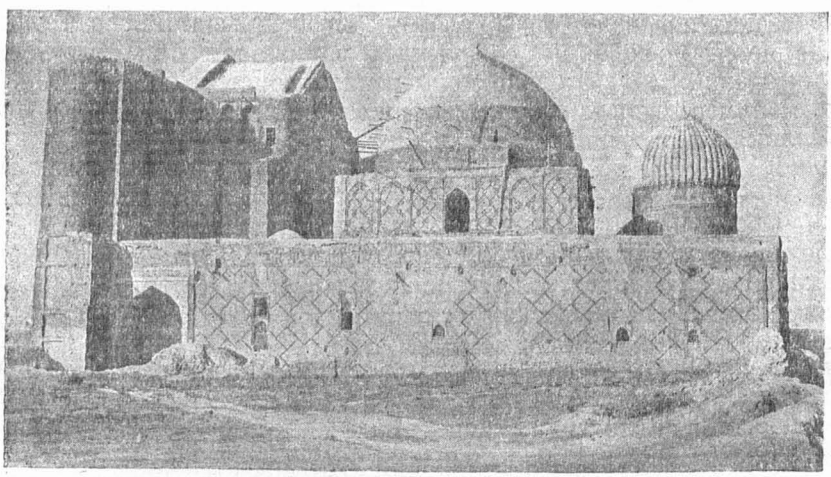


Рис. 3. Мавзолей Хаджи Ахмата Яссави (постройки конца XIV — начала XV вв.).

результате землетрясений или разрушительного действия времени, чаще всего она вызывается деятельностью новых поколений.

Конечно, было бы нелепо утверждать, что мы можем механически использовать забытый опыт древних зодчих. Необходимо критическое изучение этого опыта, отбор только того, что представляет действительную ценность для советской строительной техники.

Изучение возможностей использования материалов и конструкций древних построек не только в Средней Азии, но и в других районах СССР дает право поставить на порядок дня вопрос об использовании забытого опыта древних строи-

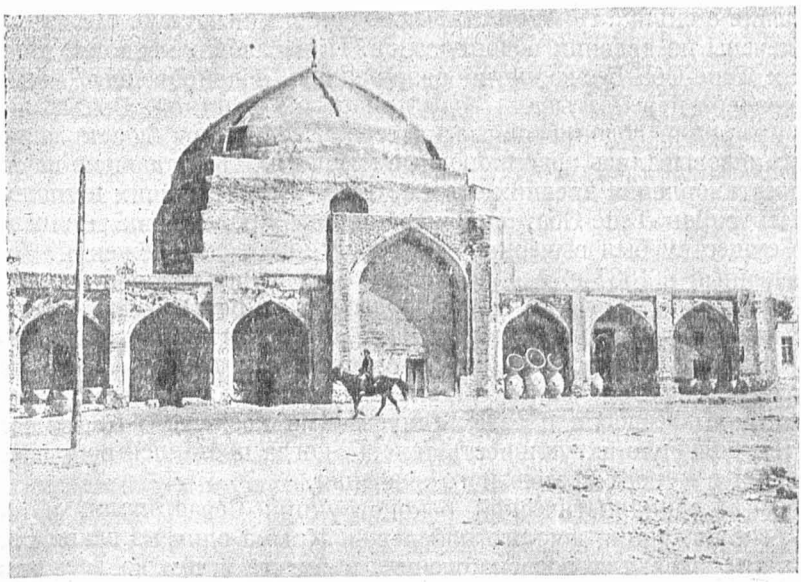


Рис. 4. Мечеть Ходжа, XVI в.

телей и в этих районах. Такое изучение облегчит включение в хозяйственный оборот местных недефицитных материалов и вместе с тем обеспечит высокое качество возводимых сооружений.

В качестве примера, иллюстрирующего это положение, достаточно указать на изучение строительной техники и строительных материалов античных колоний Причерноморья.

Так же обстоит дело и с вопросами водоснабжения. Маркс и Энгельс показали на многочисленных примерах [1], какую решающую роль сыграла борьба за водоснабжение и ирригацию в развитии многих стран.

Мертвые города Средней Азии, руины древних месопотамских городов, погибшие культурные центры Аравии и Малой Азии показывают, к чему приводило разрушение древних оросительных и водоснабжающих систем.

По всей территории нагорного Крыма встречаются остатки древних водопроводов, теперь разрушенных, но когда-то снабжавших водой обширные районы. В то время, как теперь $^4/_5$ Гераклейского полуострова почти полностью лишены воды, в древности этот район не только не терпел недостатка в воде, но даже мог снабжать ею в избытке Херсонес [2]. Население генуэзской Кафы (Феодосия) по свидетельству ряда авторов достигало 80 000. Город снабжался водой, искусственно собираемой со склонов гор Тепе-Оба, прилегающих к Феодосии. В дальнейшем несмотря на упадок Кафы системы древних водопроводов продолжали поддерживаться. Как это показывает план 1784 г., в Феодосии, вскоре после завоевания ее русскими, были еще десятки фонтанов, снабжавших население водой.

Однако дальнейшая история водоснабжения Феодосии демонстрирует непонимание новыми хозяевами исключительной важности сохранения древних водоснабжающих систем. Так, например, в 30-х годах XIX в. было сделано

---

[1] Соч. М. и Э., т. IX, стр. 347—348; К. Маркс, Капитал, т. I, стр. 399 и т. д.

[2] Л. Моисеев, Следы ирригации, мелиорации и водоснабжения древнего Херсонеса на Гераклейском полуострове, «Записки Крымского общества естествоиспытателей», 1926, т. IX, стр. 115—122; Е. Веймарн, Проблема организованной воды в Крыму, «Сообщения ГАИМК», 1932, № 9—10, стр. 50—52 и т. д.

постановление о скупке городом старых водопроводных труб. Десятки тысяч труб были извлечены из древних водопроводов. При разбивке садов и виноградников на склонах Тепе-Оба безжалостно разрушались водопроводные магистрали; отдельные хозяева перехватывали воду для своих участков. Высыхали городские фонтаны, вымирали водопроводные мастера. Росли томы бюрократической переписки, организовывались водопроводные комиссии, обсуждавшие на разные лады способы восстановления древних систем, быстро приходивших в упадок. В конце XIX в. весь район Тепе-Оба, снабжавший на протяжении тысячелетий город водой, по существу был вычеркнут из городского водоснабжения.

Проведенный в 1887 г. водопровод из Субашских источников (26 *км*) из-под Старого Крыма не мог решить задачи водоснабжения для всего города. И по сей день эта задача для Феодосии не решена. Ее решение в значительной мере лимитируется водными ресурсами. Ясно поэтому, как важно учесть возможность использования водосбора склонов Тепе-Оба, как это было сделано обитателями древнегреческой Феодосии и затем генуэзскими хозяевами Кафы. Все это приобретает тем большую актуальность теперь, когда поставлен вопрос о превращении Феодосии в курорт всесоюзного значения.

В проекте социалистической реконструкции Севастополя, в аналогичных проектах реконструкции южного побережья Крыма один из главных лимитов — недостаток ресурсов для водоснабжения, и вместе с тем во всех этих районах в древности умели получать воду в значительных количествах. Осуществляя великие планы ирригационных работ в Средней Азии, мы теперь вынуждены во многом ориентироваться на древние оросительные системы. Советские ирригаторы в ряде случаев идут уже плечом к плечу с археологами.

V

Одно из важнейших средств для использования забытого опыта прошлого в советской технике — историко-технологическое исследование проблемы сырьевых ресурсов.

Первоочередная задача на этом пути — организация систематического, планомерного историко-технологического исследования древних горных разработок с целью использовать его для содействия развитию добычи и обработки металлов.

Исторические памятники показывают нам, что человек в древности во многих отношениях несравненно лучше, чем мы теперь, знал и использовал местные сырьевые ресурсы. Локализация в ранние эпохи всей производственной деятельности человека в ограниченном районе естественно приводила его к необходимости ориентироваться в основном на использование местного сырья. Таким образом первый этап историко-технологических исследований в этой области заключается в содействии розыску месторождений полезных ископаемых, разрабатывавшихся в древности.

Исторические данные определенно говорят о наличии местных разработок различных металлов в районах, где эти металлы в настоящее время не известны. Так, например, история материальной культуры уже давно располагает богатыми находками золотых изделий по Северному Кавказу. Находки золота в местах погребений ранних эпох, когда возможность привоза золота издалека представляется весьма сомнительной, указывали историкам еще в прошлом столетии на существование древних золотых разработок в бассейне р. Кубани. Но только в самые последние годы в этом районе установлено наличие золота и начата его промышленная разработка. По заданию треста «Золоторазведка» комиссией по металлам Государственной академии истории материальной культуры и ее Институтом исторической технологии было произведено специальное изучение всех видов исторических памятников и особенно древних золотых изделий из этого и смежных районов. В результате этого исследования был получен ряд материалов,

которые дают возможность установить местонахождение древних, ныне забытых разработок золота в этом районе [1].

Во многих районах Урала, Сибири, Казакстана, Кавказа и т. д. найдено значительное количество бронз из поселений столь ранних эпох, что привоз олова, входящего в состав этих бронз, из других мест представляется мало вероятным. Вместе с тем многие из этих бронз содержат весьма высокий процент олова. Ряд фактов говорит о том, что эти бронзы, так же как и олово, входящее в их состав, — местного происхождения. Между тем до самого последнего времени в СССР единственным промышленным месторождением олова было ограниченное Ононское месторождение в Забайкалье. Неизбежно возникает вопрос о необходимости изучения древних бронз с целью содействия розыску древних месторождений олова. Эта задача, конечно, не исчерпывается только технологическим исследованием древних бронз, она обязательно включает полевое изучение самих районов, установление в них следов древних горных работ и изучение последних.

На путь использования следов древних горных разработок при разведке полезных ископаемых стали уже весьма давно. Еще в XVIII в. при освоении Урала и Алтая часто шли по следам древних горных разработок. Но только в самое последнее время в СССР наряду с работой геологоразведочных организаций начинает приобретать серьезное значение и систематическое историческое изучение районов.

В качестве примера можно указать обстоятельные исследования ряда районов, проведенные на Кавказе А. А. Иессеном, в Средней Азии Б. Н. Наследовым и другими. Открытие олова в Калбинском хребте, сделанное в последние годы, — результат изучения древних горных разработок.

Исследование древних горных разработок с целью содействия работе геологоразведочных организаций в СССР уже начинает вырабатывать свою оригинальную систему, охватывающую все виды источников. А именно, в круг этого исследования в том виде, как оно проводится в Государственной академии истории материальной культуры, входят изучение письменных источников, вещественных памятников, использование языковых данных и этнографических материалов.

Не только архивные исторические документы, но и старые издания дают нам ряд указаний о забытых месторождениях, об источниках и путях снабжения отдельных районов, о размерах и характере использования искомых металлов в быту в различные исторические периоды.

Материалы «Горного журнала», особенно за первую половину XIX в., дают немало указаний на ряд попыток организации новых горных разработок, а также сообщают данные о существовавших, ныне забытых разработках. Таковы, например, опубликованные в этом журнале материалы, указывающие на позабытое теперь открытие золотоносных пород бывших Владимирской и Тверской губерний. В «Горном журнале» за 1828 г. опубликовано сообщение об открытии в 1824 г. возле города Гороховца золотосодержащих песков, давших при промывке «13 долей золота на 100 пудов» [2]. В том же 1828 г. в «Горном журнале» В. Любарский сообщил об открытии горючих сланцев, каменного угля и золота в Осташковском уезде Тверской губ. на берегах Двины [3].

Аналогичные сведения о забытых рудниках мы встречаем в старой литературе и в отношении ряда других районов, где до последнего времени место-

---

[1] См. отчеты В. В. Данилевского и А. А. Иессена во II томе «Отчета о работах Государственной академии истории материальной культуры на новостройках», «Известия ГАИМК», вып. 110. (Печатается.)

[2] Об открытии золотосодержащих песков во Владимирской губ., «Горный журнал», 1828, кн. VI, стр. 19—23.

[3] В. Любарский, Поездка в Андреаполь, «Горный журнал», 1828, кн. IV, стр. 119—130.

рождения ископаемых, разрабатывавшихся здесь в древности, не были обнаружены [1].

Вполне понятно, что в значительном числе случаев месторождения, указанные в этих источниках, теперь не могут иметь промышленного значения. Однако нельзя забывать и о тех совершенных методах обогащения (например флотация), которыми обладает современная техника и с помощью которых многие из этих забытых месторождений могут быть включены в хозяйственный оборот.

Очень большое значение в деле отыскания известных в старину месторождений имеет изучение письменных первоисточников — архивных материалов, как это показывают, например, проведенные работы по розыску золота в Карелии.

Изучение вещественных памятников, связанных с древними горными разработками, охватывающее исследование самих месторождений и техники производства работ, дополняется технологическим исследованием самих руд и остатков производства; значение исследования готовых продуктов уже было показано выше, на примере бронз. Здесь отметим только особенное значение исследования древних шлаков [2].

Наряду с этим привлечение языковых данных, изучение названий металлов на основе нового учения о языке, разработанного Н. Я. Марром, так же необходимо и целесообразно, как и самое широкое использование этнографических данных [3].

* * *

Изучение древних металлических изделий важно не только в связи с задачей содействия геологоразведочным организациям. Это исследование дает нам ряд ценных материалов для металловедения. Так, например, изучение состава и структуры древних бронз дает богатую картину различных вариантов сплавов меди, олова, свинца, сурьмы, мышьяка, цинка и некоторых других элементов.

В процессе физико-химического и технологического изучения древних сплавов историческая технология располагает преимуществом в исследовании, недостижимым для обычного металловедения. Современный металловед, наблюдая сплав в его применении в производстве, располагает данными, относящимися к весьма ограниченному отрезку времени. Историческая же технология располагает материалами о жизни данного сплава на протяжении столетий и даже тысячелетий. Это обстоятельство дает ряд интереснейших материалов для изучения сплава на отрезках времени, недоступных для обычных технологических исследований. В этом плане особенно актуальным представляется изучение сплавов древних артиллерийских орудий. Институтом исторической технологий поставлен вопрос перед Артиллерийским историческим музеем (в Ленинграде) о совместном изучении таковых.

Не может не привлечь нашего внимания и вопрос об изучении металла древнего холодного оружия, удивляющего нас в отдельных образцах своим высоким качеством. На Всесоюзной конференции по ферросплавам в докладе о выплавке молибдена из руд искойского месторождения был отмечен факт присутствия в древних японских саблях молибдена, придающего

[1] Например: Бернацкий, Историческое сведение о добывании нефти в Архангельской губ. на р. Ухте, «Архангельские губернские ведомости», 1868, 84; Г. Спасский, О существовании золотосодержащих песков и самих месторождений золота в Киргиз-Кайсацкой степи и особенно в смежных с нею странах, «Горный журнал», 1827, кн. II, стр. 57—66; «Известие о песошном золоте в Бухарии, о чиненных для онаго отправлениях и о строении крепостей при р. Иртыше»; «Сочинения и переводы, к пользе и увеселению служащие», 1760 г., январь и февраль, стр. 3—54 и 99—136.

[2] Конкретным примером исследования древних шлаков с целью разрешения практических задач советской георазведки может послужить работа Б. Н. Наследова, Древние шлаки и полиметаллические месторождения Лашкерско-Янгакловского участка, «За недра Средней Азии», 1932, № 2, стр. 22—43.

[3] О работе по изучению истории горного дела и металлургии в Государственной академии истории материальной культуры, «История техники», 1934, сб. I, стр. 188—189.

Специальные исследования стали восточных и японских мечей [1] выявили настолько высокие качества металла в этом оружии, что его технологическое изучение представляет, несомненно, практический интерес. Был проведен также ряд работ по исследованию древних булатов [2], давших весьма ценные результаты. Вопрос о практическом использовании этих результатов до сих пор продолжает сохранять свое значение.

VI

Историческая формула Ленина — «познание человека не есть прямая линия, а кривая линия, бесконечно приближающаяся к ряду кругов, к спирали» [3] — обосновывается решительно всей историей развития техники.

История машиностроительной техники дает нам немало примеров того, как через сотни лет после их применения ряд забытых конструкций снова возрождался и находил себе место, но на новом расширенном основании и с новым содержанием. Возврат к старым техническим формам на новом основании, возрождение забытого технического опыта в новых производственных условиях приобретают особенную остроту в наших условиях. Это в свою очередь налагает исключительную ответственность на исследователей истории техники, имеющих возможность своей работой оказать содействие техникам-практикам на этом пути.

Пример с возрождением в наши дни конструкции, изобретенной еще в XVII в. и известной под названием «Machina Pappenhemiana», убедительно говорит об актуальности этой задачи. Описание этой конструкции, предназначенной для подъема воды, дано некоторыми авторами еще в XVII в. и затем в начале XVIII в. приведено Леупольдом [4]. Этот же насос можно увидеть в современных ротативных водяных пожарных насосах [5], в ротативных масляных насосах мотоциклов и автомобилей [6], в масляных насосах для смазки паровых машин, турбин и т. д. Такой насос состоит из двух шестерен, вращающихся в противоположные стороны и заключенных в кожух [7].

В самом конце XVIII в. Мурдох сделал попытку обратного использования этой же конструкции в качестве двигателя [8]. Это была та же «Machina Pappenhemiana», но использованная уже для другой цели. Если первоначально насос сам потреблял энергию для своей работы, то задачей конструкции Мурдоха было уже производство механической работы за счет использования энергии водяного пара. По ряду причин, а прежде всего из-за трудности достаточно точной пригонки зубцов шестерен, Мурдоху не удалось создать этот свой двигатель в виде, пригодном для практического применения. Проект Мурдоха был забыт.

Только в XX в. снова воскресает та же идея, реализованная и полностью оправдавшая себя в двигателе Спиро фирмы «Бритиш Джеффри Дайэмонд» [9].

[1] K. G. Hannach, Japanischer Damasstahl u. Fr. Schmidt, Orientalischer Damasstahl. Beiträge zur Geschichte d. Techik und Industrie, 1930, XX, стр. 87—90 и 91—96.

[2] В первой половине XIX в. интересные исследования провел над булатами П. П. Аносов, автор труда: «О булатах, описание опытов, предпринятых для изучения булатов, понятие, приобретенное в сих опытах, о различии булатов от стали и открытие способов приготовления их». В двух книгах, СПБ, 1841.

Во второй половине XIX в. работали над булатами Д. К. Чернов, а затем Н. Т. Беляев, В. П. Ижевский и др. В числе новейших работ можно отметить: А. П. Виноградов, Происхождение булатного узора, «Техно-экономический вестник», М. 1924, IV, стр. 8—9.

[3] Ленинский сборник, XII, стр. 326.

[4] Leupold, Theatrum machinarum hydraulicarum, Leipzig 1724, т. I, стр. 123, «История техники», сб. I, стр. 67.

[5] Пожарный автообоз, Т. Э., т. XVII, стр. 161—162; Б. Шпринк, Насосы, Т. Э., т. XIV, стр. 333—334.

[6] Б. Шпринк, Насосы, Т. Э., т. XIV, стр. 333; В. Наумов, Машиноведение, 1930, т. II, стр. 202—203.

[7] Кроме шестеренчатых насосов с наружным зацеплением применяются теперь насосы с внутренним зацеплением.

[8] C. Matschoss, Die Entwicklung der Dampfmaschine, стр. 479—480.

[9] М. Вильямс, Механизация горных работ, 1932, стр. 23—24.

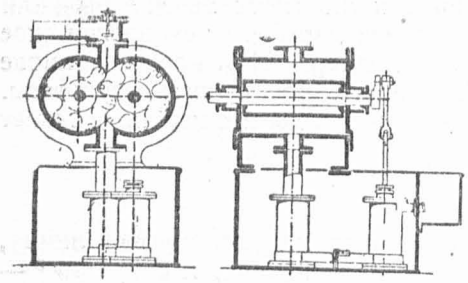


Рис. 5. Проект ротативного парового двигателя Мурдоха 1799 г., представляющего по своей конструкции копию водоподъемного ротативного насоса „Machina Pappenhemiana" XVII в.

Источником энергии в этом двигателе является не водяной пар, а сжатый воздух. В кожухе двигателя заключены два сцепляющихся цилиндрических колеса с стрельчатыми зубьями. Эти колеса, или роторы, вращаются в противоположные стороны на валах, лежащих на шарикоподшипниках. Зубья роторов прошлифованы настолько тщательно, что при испытании на утечку при помощи парафинового масла ни одна капля масла не может просочиться между ними. О такой точности пригонки Мурдох в 1799 г., конечно, не мог и мечтать. Сжатый воздух, поступая снизу в кожух, своим давлением заставляет роторы вращаться в противоположные стороны. Совершив работу, воздух попадает в верхнюю часть кожуха, откуда выпускается наружу через выходные отверстия. На валу каждого ротора находится приводная шестерня. Перемена хода достигается переключением на ту или другую шестерню роторов зубчатого цилиндрического колеса, сидящего на главном валу передаточного механизма.

То, что бессильна была осуществить техника времени деятельности Мурдоха, осуществлено в наши дни в этом ротативном воздушном двигателе, получившем применение для привода врубовых машин. Основным достоинством этой машины являются простота устройства, отсутствие в ней всяких клапанов, поршней, тяг, эксцентриков и других деталей, неизбежных при поршневых конструкциях. У стандартного двигателя Спиро ротор имеет длину 47,5 *см* при диаметре 32,7 *см*. Давление воздуха достигается от 1,75 до 7 *ат*. При подаче воздуха под давлением в 3—4 *ат* этот ротативный двигатель при столь незначительных размерах развивает мощность до 50 *л. с.*

Приведенный факт — только один из множества примеров, говорящих об актуальности критического пересмотра технического наследства прошлого. В этом наследстве мы находим немало решений отдельных технических задач, практическая реализация которых оказалась невозможной на современном им уровне техники, но которые сохранили свое значение до нашего времени и вполне осуществимы теперь на новой технической основе. С этой точки зрения чрезвычайно интересно изучение таких классических работ, как,

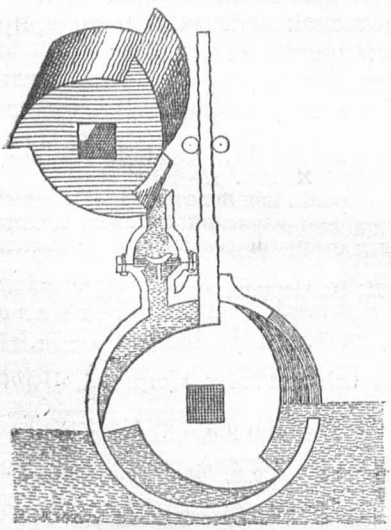


Рис. 6. Проект водяного насоса XVI в. (по книге Леупольда 1724 г.).

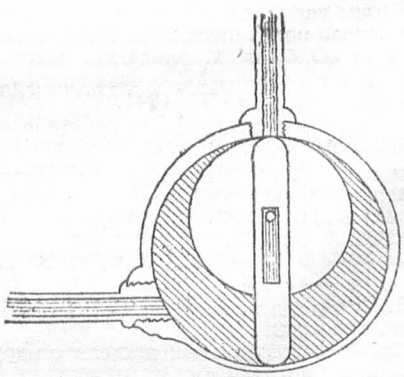


Рис. 7. Водяной насос XVI в. (по книге Леупольда 1724 г.).

например, труд Рамелли [1], изданный в XVI в., в котором современный конструктор водяных насосов найдет не только известные теперь конструкции, но и ряд проектов, заслуживающих самого пристального внимания, представляющих определенный интерес для переработки и использования их в условиях современного производства.

Не менее показательна также и история турбины внутреннего сгорания, все еще не получившей достаточно развитых форм для широкого практического применения, на чем мы уже специально останавливались [2].

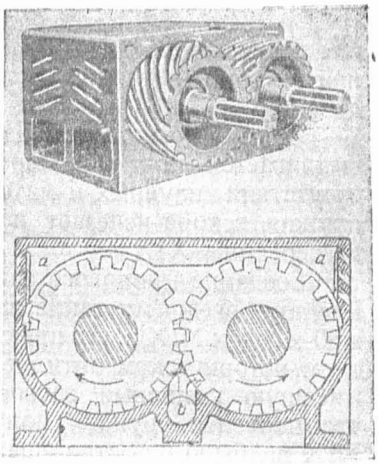


Рис. 8. Турбина Спиро, приводимая в движение сжатым воздухом.

О том же говорят многочисленные примеры из истории не только капиталистической, но и докапиталистической техники. Возьмем, например, труды античных механиков — Герона Александрийского и Филона Византийского. Описанные в них автоматы, созданные почти две тысячи лет тому назад, очень часто вновь и вновь изобретаются в наши дни. Сравним для примера описанный Героном Александрийским [3] автомат для раздачи «святой воды» с современным автоматом для продажи различных мелких предметов, изобретенным Эвериттом в Лондоне в 1885 г. [4]. Опущенная в автомат Герона мелкая монета падала на рычаг, открывавший на короткое время кран, из которого вытекала определенная порция «святой воды». Опущенная в автомат Эверитта мелкая монета также приводит в действие рычаг, при движении которого автомат выдает порцию духов, железнодорожный билет, плитку шоколада. Во вновь изобретенном автомате мы узнаем полностью автомат, созданный и применявшийся еще в античном мире.

Конструктивное сходство принципа действия современного автоматического защелкивающегося французского или английского замка с замками, известными еще в древнем мире, отметил А. И. Сидоров [5].

Мы подчеркиваем, что задачей этой работы ни в какой мере не является конкретный перечень тех или иных конструкций, которые были забыты в прошлом и должны быть использованы в нашей практике. Мы только ставим вопрос о необходимости перехода от стихийного, эпизодического использования опыта прошлого к плановому пересмотру и критическому освоению забытых достижений техники также и давно минувших эпох.

В этом смысле особенно много может дать критическое изучение таких конструкций, как разнообразнейшие автоматы [6] древних и средневековых часовщиков и механиков, эмпирически разрешивших ряд интереснейших и для современной техники конструктивных задач. Об этом с большим увлечением говорят выдающиеся машиноведы и машиностроители, как, например, основоположник кинематики механизмов Франц Рело, посвятивший одну из своих работ специально истории часов [7].

---

[1] A. Ramelli, Le diverse et artificiose machine, Paris 1588.

[2] В. Данилевский, Проблема турбины внутреннего сгорания, «История техники», 1934, сб. I.

[3] A. Diels, Anitke Technik, 1924, стр. 69.

[4] Darmstaedter, Handbuch zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, 1908, стр. 832.

[5] А. Сидоров, Очерки из истории техники, М. 1925, стр. 17.

[6] Poppe, Wunder der Mechanik. Tübingen 1824; Feldhaus, Die Technik der Vorzeit der geschichtlichen Zeit und der Naturvölker, Leipzig und Berlin 1914, стр. 46—56.

[7] F. Reulaux, Die Uhrenfabrikation, Buch der Erfindungenin Gewerbe und Industrie, Leipzig 1900, т. VI.

VII

Мы располагаем очень большим количеством примеров также из области военной техники, наглядно показывающих все значение историко-технических исследований.

Общеизвестно, что идея конструкции оружия, заряжающегося с казны, выдвигается почти одновременно с созданием огнестрельного оружия. Но из-за отсутствия научных и материальных предпосылок конструкция казнозарядного оружия вскоре исчезает и затем не получает практического применения вплоть до середины XIX в.

Создание клинового затвора артиллерийских орудий приписывается обычно Круппу, введшему такие замки в своих орудиях в XIX в. Но мы знаем, что в 80-х годах XIX в. его преемник, также Крупп, был изумлен, увидев в Петербургском историческом артиллерийском музее русскую железную пищаль XVII в., имевшую клиновый затвор с механическим движением [1]. Следует отметить, что нарезное оружие, получившее общее распространение только в середине XIX в., было известно еще в начале XVII в., т. е. опять-таки техническая идея опережает время своего практического применения на два столетия.

Реальным примером того ущерба, который наносится техническому развитию тем, что высказанные в прошлом технические идеи бесследно теряются, может служить конструкция барабанных револьверов до изобретения системы Нагана.

Исключительная меткость и отличные качества боя принятого у нас на вооружение револьвера системы Нагана объясняются прежде всего тем, что в этом барабанном револьвере устранен прорыв пороховых газов между обрезом ствола и барабаном. Это достигнуто введением дульца гильзы в канал ствола в последний момент движения барабана перед выстрелом.

Эта идея обычно считается изобретением XX в., да и в действительности она только тогда впервые получила широкое практическое применение.

Между тем уже двести лет существует орудие, основанное на применении той же идеи. А именно, в Артиллерийском музее в Ленинграде хранится медная скорострельная пушка начала XVIII в., заряжаемая посредством медного круга с девятью каморами. [2]

Этот круг вращается за срезом казенной части в плоскости, перпендикулярной к оси канала орудия. Расположенные по окружности этого круга каморы имеют каждая переднюю конусообразную часть — дульце. Каморы последовательно подводятся к казенной части орудия и вжимаются в последнюю посредством специальной шайбы с рукоятью, надетой на ту же ось, что и круг. Эта шайба при вращении рукояти нажимает на круг при помощи винтовой нарезки. Изобретатель этого орудия благодаря подобной конструкции устранил прорыв пороховых газов между обрезами каморы и ствола, добившись введения дульца каморы в канал ствола.

Классический пример гениальной мысли, опередившей свою эпоху на столетия, дает история авиации. Еще в 1514 г. был составлен трактат Леонардо да-Винчи о полете птиц: «Codice sul volo degli ucelli», где не только была дана классификация этого полета: гребной, парусный и скользящий, но были разработаны и основные положения механизма птичьего полета. Только в конце XIX в. работой ряда исследователей была заново и совершенно независимо от трудов Леонардо да-Винчи проведена аналогичная работа [3]. И лишь после этого исто-

---

[1] Н. Бранденбург, Исторический каталог СПБ Артиллерийского исторического музея, СПБ, 1871, т. I, стр. 159.

[2] А. Давыдов, А. Гинделевич, Ю. Воронец, Артиллерийский исторический музей, указатель коллекций, Л. 1927, стр. 31; Н. Бранденбург, ч. II., стр. 104.

[3] Особенно ценны были работы Марея («La machine — animal», 1873, «Le vol des oiseaux», 1890; «Le mouvement», 1894).

рики извлекли из архивов и опубликовали трактат Леонардо [1], в котором дано решение ряда задач, вновь разрешенных почти через четыре столетия, когда труды Леонардо были совершенно забыты.

Изучив в доступных для него пределах движение тел в воздухе, особенно тщательно изучив полет птиц, Леонардо да-Винчи дал не только теорию полета, но и создал проект конструкции летательного аппарата, разработав в его отдельных частях ряд чрезвычайно интересных решений кинематических вопросов. Как показывают рукописи и эскизы Леонардо да-Винчи, он был изобретателем парашюта, геликоптера и орнитоптера. Ему же принадлежит и идея передвижения в воздухе при помощи гребного винта — пропеллера. Таким образом Леонардо да-Винчи дал идею не только недавно созданных летательных приборов и приспособлений (планер, парашют, гребной винт), но также и таких авиационных аппаратов, которые и в наши дни все еще не получили достаточного развития (геликоптер, орнитоптер).

Рассмотрение предложенных Леонардо да-Винчи строительных машин, подъемников, сверлильных машин, механических пил и других механизмов показывает, что и в этих конструкциях все еще можно найти много полезного и для современной техники.

Возьмем, например, на много опередивший время своего применения гениально простой механизм самопрялки Леонардо, изменяющий вращательное движение привода в комбинацию сложных поступательных движений веретена с рогулькой и вращательных движений веретена и катушки, но обоих с разными скоростями.

VIII

Мы имеем право ставить вопрос о необходимости изучения технического творчества гениев, опередивших на сотни лет свое время, хотя бы потому, что уже известны примеры решения современных технических проблем в результате историко-технических экскурсов.

Виза на такую постановку вопроса дана и нашим Всесоюзным теплотехническим институтом, издавшим работы В. Е. Грум-Гржимайло о пламенных печах [2]. В этой работе впервые дан аналитический расчет всех видов пламенных печей [3], основанный на так называемой гидравлической теории движения пламени.

Гидравлическая теория движения раскаленных газов в пламенных печах была разработана еще в XVIII в. Михайлой Васильевичем Ломоносовым. Но эта теория была погребена в недрах архивов и забыта, а пламенные печи до самых последних дней строили эмпирически, на основе стихийного векового опыта, а не на основе строгого научного аналитического расчета.

Автор упомянутой работы о пламенных печах В. Е. Грум-Гржимайло начинает ее словами:

«Посвящается памяти Михайлы Васильевича Ломоносова, первого русского поэта, ученого, химика, металлурга и основателя гидравлической теории пламенных печей».

В 1742 г. Ломоносов написал работу «О вольном движении воздуха, в рудниках примеченном», опубликованную впоследствии как «Приложение первое» к «Первым основаниям металлургии». В этой работе Ломоносов изложил с исчерпывающей ясностью гидравлическую теорию движения горячих газов в пламенных печах. Он показал, что горячие печные газы выдавливаются холодным наруж-

[1] Codice sul volo degli ucellie varie altri materie, publicato da Teodoro Sabachnikoff. Trascrizioni e note di Giovanni Piumati, traduzione in lingua francese di Carlo Ravaisson Mollien, 1893.

[2] В. Е. Грум-Гржимайло, Пламенные печи, 1932.

[3] Металлургические плавильные печи, печи для нагревания слитков и заготовок, печи для термической обработки стали, печи для обжига керамических изделий, фарфора, кирпича, печи для выжигания извести, топки паровых котлов и т. п.

ным воздухом вверх через дымовую трубу. Следовательно, процесс идет точно так же, как это имеет место при движении легкой жидкости в тяжелой [1].

Ломоносов показал, что стремление газов расширяться есть результат непрерывного движения частичек, находящихся на значительном расстоянии друг от друга и стремящихся удалиться одна от другой.

Разработанные Ломоносовым кинетическая теория газов и основанная на ней гидравлическая теория движения горячих газов в печах были позабыты. Кинетическая теория газов получила признание только через 110 лет, оказавшись, однако, связанной с именем Авогадро, жившего позже Ломоносова. Что же касается гидравлической теории движения газов в пламенных печах, то она получила признание впервые в СССР в годы революции, причем должным образом отмечается заслуга Ломоносова как создателя этой теории.

В течение почти двух столетий после смерти Ломоносова его гидравлическая теория движения газов в пламенных печах не находила применения и была забыта. Грум-Гржимайло пишет по этому поводу:

«В дальнейших попытках дать объяснение движению газа в печах запуталось слово «тяга» — слово грамматически абсурдное, ибо глагол «тянуть» предполагает непосредственную связь между силой и предметом, который тянется» [2].

Неправильный термин «тяга» был не случайным, а закономерным результатом одностороннего понимания процессов, фактически имеющих место в пламенной печи.

Характерно, что еще в XVIII в., изучая законы движения жидкостей, учитывали не только движение и вес жидкостей, но и движение и вес воздуха, окружающего эту жидкость. Ясно было все это и Ломоносову. Но в дальнейшем эта ясность была утеряна.

На смену стихийному диалектическому охвату процесса во всех его сторонах, имевшему место в эпоху становления капиталистического общества, приходит одностороннее метафизическое понимание процесса, не соответствующее действительности. Приходит оно в условиях развитого капиталистического производства с характерным для него противопоставлением теоретической и практической работы.

Знак равенства в формуле «язык = мышление» оказался разорванным в специфических условиях капиталистического производства.

Подлинному процессу, имеющему место в пламенной печи, оказалось противопоставленным искаженное представление, прикрытое термином «тяга», не соответствующим действительности.

Н. Я. Марр выдвинул и доказал тезис: «Язык есть не просто звучание, но и мышление» [3]. Этот тезис был отвергнут в данном случае применением фальшивого термина «тяга».

В результате правильное понимание процессов, имеющих место в пламенной печи, оказалось отодвинутым на столетия от эпохи деятельности М. В. Ломоносова.

Теория Ломоносова-Грум-Гржимайло неоднократно подвергалась всестороннему обсуждению. Редакционная коллегия во главе с академиком М. В. Павловым, созданная для редактирования посмертных изданий труда В. Е. Грум-Гржимайло, формулировала свое отношение к этой теории в словах: «Основные положения гидравлической теории остаются незыблемыми».

Пример возрождения в XX в. в результате стихийного историко-технического экскурса этой теории, созданной Ломоносовым в XVIII в., дает нам основание сделать следующие выводы.

[1] Специально на этих вопросах я останавливался в отдельной статье: В. Данилевский, К вопросу о взаимосвязи учения об языке Н. Я. Марра и путей развития техники, «Проблемы истории материальной культуры», 1933, № 5—6, стр. 73—76.

[2] В. Грум-Гржимайло, Пламенные печи, стр. 166.

[3] Н. Марр, Язык и современность, стр. 9.

Во-первых: история техники в данном случае располагает конкретным примером решения практических технических проблем на основе историко-технических исследований.

Во-вторых: работа эта была проведена стихийно, что показывает неблагополучие на этом участке историко-технических исследований. В нашей стране мобилизация опыта прошлого для настоящего и будущего может и должна вестись по определенному плану.

В-третьих: эпизод с возрождением гидравлической теории работы пламенных печей показывает, как велико практическое значение применения к историко-техническому исследованию революционного учения о языке, разработанного Н. Я. Марром. В связи с этим особую актуальность приобретает задача пересмотра технической терминологии в аспекте формулы «язык = мышление» и перечистки всей этой терминологии, освобождение ее от извращений, вызванных спецификой капиталистического способа производства с его разрывом между теорией и практикой.

IX

Приведенный выше материал дает основание для следующих обобщающих выводов.

1. Во всех отраслях производства историко-технологическое исследование может и должно оказывать содействие техническому прогрессу на отдельных его участках.

2. Забытый технический опыт всех времен и народов как докапиталистического, так и капиталистического производства должен быть при помощи историко-технологического исследования мобилизован для содействия прогрессу советской техники.

3. Постановка ряда новых проблем перед советской техникой и содействие их разрешению возможны при помощи историко-технологических исследований.

4. Историко-технологическое исследование уже сейчас дает ряд конкретных материалов для промышленного использования.

5. Необходима широкая плановая организация работ по систематическому изучению прошлого технического опыта.

* * *

От стихийных экскурсов, характерных по самой своей эпизодичности для капиталистического способа производства, мы можем и должны в условиях социалистического строительства перейти к плановой, систематической работе также и на этом пути.

Речь идет о создании специальной новой дисциплины, для которой наиболее подходящим будет название *историческая технология*.

Так понимаем мы историко-техническое и вместе с тем специальное технологическое изучение опыта прошлого в указанном нами плане.

Выполнение этой работы возможно только при наличии соответствующего оружия. Такое оружие — прежде всего самый метод марксистской истории техники. Только он может обеспечить выделение из всего сложного переплетения технического развития важнейших узлов, на которых должно быть сконцентрировано внимание. В этом смысле необходимо всецело приветствовать взятую установку комиссии по марксистской истории техники при КВТО на организацию отраслевых курсов истории техники. Специализация наших историко-технических кафедр по отраслям чрезвычайно благоприятствует выделению в отдельных отраслях техники первоочередных проблем указанного рода, подлежащих историко-технической разработке.

Правильная методологическая постановка работы вместе с тем должна реализоваться и на основе соответствующей методики. Методика в данном деле — важнейшая сторона вопроса. Методика обычно применяемого историко-техниче-

ского исследования должна быть здесь, однако, значительно расширена. Она должна перерасти в методику историко-технологического исследования.

Работа должна вестись прежде всего на основе широкого исторического исследования, охватывающего не только отдельные виды источников, как до сих пор принято во многих историко-технических работах. В орбиту исследования должны быть включены вещественные и письменные источники, а также и данные нового учения о языке, разработанного Н. Я. Марром.

В то же время необходимо изучение всех видов памятников, их технологической природы во всех ее деталях. Если в круг изучения входят вещественные памятники «in natura», мы неизбежно сталкиваемся с необходимостью изучения самого материала, его технологических показателей.

Так, например, при изучении древних сплавов в Государственной академии истории материальной культуры нам приходилось применять не только историческое изучение этих объектов, но и специальный химический, физический, металлографический анализ и другие виды анализа вплоть до спектрального и рентгеновского.

Больше того, даже методика специальных исследований, уже применяемых в обычной научно-исследовательской практике, оказывалась иногда недостаточной. В результате нам приходилось разрабатывать специальную методику (микрохимический анализ). При изучении древних конструкций мы ставим вопрос о расчете их, о работе отдельных деталей и о технологическом анализе их работы в целом. Отсутствие конструкции в натуре может повлечь за собой необходимость реконструкции, моделирования и т. д.

Точно так же при изучении технологических процессов в нашу задачу входит выявление всех деталей этих процессов и вместе с тем изучение их в целом.

Вопросам методики изучения историко-технических объектов мы предполагаем посвятить специальную статью. Однако уже сейчас отметим, что для разработки историко-технических проблем в первую очередь должны быть созданы достаточные технические возможности.

В отдельных случаях, например, как это имеет место в Государственной академии истории материальной культуры, кафедра исторической технологии располагает специальными лабораториями. Кафедры истории техники во втузах на данном этапе вполне целесообразно могут использовать для этих работ втузовские лаборатории.

Постоянный контакт работников кафедр истории техники с работниками специальных кафедр может помочь и в выявлении отдельных конкретных тем.

В организации этих работ можно наметить два раздела: во-первых, первоначальное накопление, учет тематики и ее предварительный анализ, во-вторых, разработка отдельных тем.

Насколько нам известно, до сих пор плановая работа в этом направлении ведется только специальной историко-технологической кафедрой Института исторической технологии ГАИМК. Несомненно, однако, что аналогичная работа в определенной мере должна быть включена и в план всех кафедр истории техники.

Это тем более важно, что постановка таких работ, как показывает наш опыт, имеет также и большое педагогическое значение. Включение подобных материалов в программы и самая постановка аналогичных вопросов перед будущими специалистами придает особенную актуальность курсу истории техники и обогащает его содержание.

Учитывая все это, нам кажется, что комиссия по марксистской истории техники при КВТО должна наметить немедленно конкретные мероприятия для реализации этих задач.

Необходимо, чтобы комиссия поставила перед всеми кафедрами вопрос об организации таких работ, хотя бы в самых скромных размерах на первое время. Комиссия должна проследить за тем, чтобы кафедры приступили к выявлению

и проработке актуальных, первоочередных проблем, которые могут быть реализованы в ближайшее время.

Важнее всего сразу же взяться за дело и добиться хотя бы небольших положительных результатов. Как ни малы они будут на первое время, но получение их, несомненно, будет залогом развертывания самых широких работ в дальнейшем.

Комиссия должна, наконец, двинуть и это дело вперед, осуществляя на деле установку, данную в первом выпуске наших «сборников» в словах Г. М. Кржижановского о том, что «стройка технической основы бесклассового социалистического общества требует не только кирпичей настоящего, но и кирпичей прошлого. Все, о чем мечтали лучшие представители человечества, все, что завоевано и накоплено человечеством в области науки и техники, все, что давил и разрушал капитализм в своем однобоком развитии производительных сил, — все это должно быть использовано в строительстве материальных основ социалистического общества».

Л. ФРАДКИН

Историческая эволюция первого начала термодинамики

Вводные замечания

Историческая эволюция понимания теплоты, связанная со сменой разнообразных точек зрения, представлялась загадочной физикам не только XIX в., но и нашего времени. Было трудно объяснить, почему теплота понималась в античном мире как движение, в эпоху Ренессанса — как вещество, а в середине XIX в. снова как движение. Смена диаметрально противоположных теорий казалась совершенно случайной и неподчиненной никакой закономерности. Особенно странным представлялось длительное существование теорий, находившихся в явном противоречии с данными общеизвестных опытов. Сила своеобразной исторической инерции не была объяснена и естественно вызывала чувство удивления у всякого, занятого изучением последовательного формирования основных понятий физики и техники.

Подобное положение было следствием порочного метода, которым оперировало большинство историков физики. Они хотели найти источник эволюции понятия «теплоты» в самой физике, взятой изолированно от условий производства, от разнообразия тепловых процессов, возникавших на технической базе рабовладельческого феодального или капиталистического общества. Между тем совершенно очевидно, что смена общественных формаций имеет прямым следствием смену взглядов на сущность явлений природы. Переход от эпохи торгового капитала к промышленному капитализму вызвал целую революцию в научных понятиях. Появление же крупного машинного производства и в частности быстрое развитие энергетики с предельной ясностью обнажили такие явления природы, о которых не могли даже догадываться. ученые XVIII в.

Поэтому правильное решение вопроса о понимании теплоты учеными различных эпох может быть достигнуто только в том случае, если будет раскрыто влияние техники и экономики на развитие науки. Необходимо, например, конкретно показать, как уровень техники, свойственный определенной социально-экономической формации, образует в науке совершенно специфические понятия и как эти понятия, в свою очередь, влияют на развитие производительных сил современного им общества, поднимая промышленность на высшую ступень.

I. Природа тепла в представлении ученых XVII и XVIII вв.

Философы античного мира и ученые эпохи Возрождения представляли себе теплоту как некоторый вид движения. В сочинениях Демокрита, Эпикура и Лукреция мы находим разнообразные варианты подобной точки зрения. Бэкон (Navum Organum) и другие ученые эпохи Возрождения определенно высказывались в том смысле, что сущность тепловых явлений объясняется движением.

Заслуживает быть отмеченным взгляд Бойля, объяснявшего в 1663 г. повышение температуры раствора в одном из опытов следующим образом:

«Это скорее может быть следствием возмущенного движения частичек растворителя, переводимых прибавляемой жидкостью или другим телом из обычного их движения в неправильное: отсюда оживленное и спутанное движение мелких частичек, из которых составлен растворитель; и в таком возмущенном состоянии (от какой бы причины оно ни происходило), повидимому, состоит главным образом сущность теплоты» [1].

Так же смотрел на теплоту и Ньютон, который в статье «De Natura accidorum», предназначенной для словаря Harris'a, писал: «calor est agitatio partium quamqua versum» (теплота есть колебание частиц друг около друга).

Наконец философ и математик Декарт придерживался того же взгляда: «под теплотой нельзя разуметь ничто другое, как ускорение движения молекул, а под холодом — их замедление».

Из числа ученых более позднего времени отметим Ломоносова, неоднократно возвращавшегося к проблеме теплоты.

Еще в 1760 г. в одном из своих рассуждений он пишет: «Движение тел может быть общее, когда все тело меняет место, и внутреннее — перемена места нечувствительных частей материи. При сильном общем движении часто не наблюдается тепло, а, напротив, видно при отсутствии общего движения. Следовательно, теплота состоит во внутреннем движении материи».

В другом месте рассуждений Ломоносова содержится еще более категорическое суждение: «Теплоты тел причиною быть надлежит коловратному движению частиц собственных тел составляющих».

Наконец Ломоносов дает также очень интересное объяснение появлению теплоты при трении: «При трении двух теплых тел частички их взаимно трут друг друга; поступательным движением они двигаться не могут и потому приходят во вращательное: произойдет нагревание».

Однако в XVIII в. подобный взгляд на природу тепла встречается сравнительно редко. Уже с середины и главным образом с конца XVII в. мы замечаем явные признаки перелома в понимании сущности тепловых явлений. Возникает вещественная теория теплоты, которая объясняет ее как некоторую жидкость с теми или другими свойствами, приписываемыми ей различными учеными. Новая теория с течением времени крепнет, получает всеобщее признание и продолжает держаться до середины XIX в., несмотря на то, что многие опыты, начиная с 1790 г., ей явно противоречат. Уже в середине XVII в. Гильберт в сочинении: «De mundo nostro sublunari philosophia nova» пытается объяснить теплоту как «действие тончайшей жидкости, как бы тонкого материального эфира» [2].

По мнению другого ученого Гассенди для тепла и холода существуют отдельные материи: «Атомы холода имеют форму тетраэдров; они проникают в жидкие вещества и так соединяют их атомы, что жидкость превращается в твердое тело. Острые выступы атомов производят на нашей коже всем известное колючее ощущение при морозе».

Вместе с тем Гассенди решительно возражает против теории, утверждающей, что холод представляет собой отрицательную теплоту. Он ссылается при этом на то, что при смешении воды и селитры происходит охлаждение, а при смешении других тел — повышение температуры.

Параллельно с гипотезами Гильберта и Гассенди существуют также и другие теории, утверждающие вещественный характер теплоты. Различные догадки о природе тепловой материи носят сплошь и рядом явный отпечаток увлечения

[1] Some considerations touching the usefulness of experimental natural philosophy, part II, section 1, p. 45, 1663. (Некоторые положения о пользе экспериментальной натуральной философии.)

[2] Розенбергер, Историческая физика.

натур философией. Они почти не базируются на экспериментальном методе и представляют собой не что иное, как более или менее остроумные предположения. С другой стороны, на формирование понятия о природе тепла оказывает огромное влияние знаменитая теория флогистона, господствовавшая в химии XVIII в.

Среди ученых, придерживавшихся вещественной теории тепла, следует отметить одного из основателей учения о теплоемкости — Вильке (середина XVIII в.). Он предполагал, что теплота представляет собой тонкую материю, частицы которой отталкиваются друг от друга и могут притягиваться в той или другой степени различными телами. Вместе с тем он думал, что каждое тело содержит определенное количество теплового вещества, причем это количество зависит от состояния тела. Так, например, при расширении воздух начинает приобретать теплоту из ближайших к нему тел. По этой причине происходит охлаждение. Наоборот, при сжатии он выделяет некоторое количество теплоты.

Основатели термохимии и изобретатели калориметра Лавуазье и Лаплас очень ясно сформулировали сущность гипотез, определяющих природу теплоты. По этому вопросу в «Mémoire sur la chaleur par M. Lavoisier et de Laplace», изданном в 1780 г., имеются следующие рассуждения:

«Физики различно смотрят на природу теплоты. Одни из них рассматривают ее как жидкость, проникающую всюду в природе и находящуюся в большем или меньшем количестве во всех телах, смотря по их температуре и способности удерживать эту жидкость или теплород...

Другие физики предполагают, что теплота является результатом невидимых движений молекул тела. Известно, что тела, даже самые плотные, наполнены большим числом пор или маленьких пустот, объем которых может значительно превосходить объем молекул.

Эти пустые пространства позволяют частицам колебаться во все стороны, и очень естественно предположить, что эти частицы (молекулы) находятся в непрерывном движении; если это движение возрастает до известной степени, то тело может разложиться. Вот это-то внутреннее движение, по мнению тех физиков, о которых мы говорим, составляет причину теплоты».

Анализируя вторую гипотезу, Лавуазье и Лаплас рассматривают теплоту как живую силу движущихся молекул и тем самым предвосхищают основные положения кинетической теории газов. Сопоставив обе гипотезы, Лавуазье и Лаплас делают следующий вывод:

«Мы не решаемся отдать предпочтение какой-либо из этих гипотез: многие факты, как кажется, служат подтверждением второй гипотезы, например, выделение теплоты при трении двух твердых тел, но много фактов находят более легкое объяснение с точки зрения первой; быть может, они справедливы обе».

Однако в конечном счете сомнения разрешаются в пользу первой гипотезы, объясняющей теплоту как особое вещество. Подобное понимание природы тепла господствует в течение всего рассматриваемого нами периода и до середины XIX в.

Невесомая тепловая жидкость «теплород» — вот термин, который постоянно фигурирует в научных работах XVIII и первой половины XIX в. при объяснении тех или других тепловых явлений.

Каковы же были причины, вызвавшие торжество вещественной теории тепла? Ответить на этот вопрос можно, лишь исходя из анализа современного производства. В XVIII в. теплота находит самое широкое применение в промышленности (подогревание, выпаривание, подсушивание и т. д.). Однако при всех этих процессах теплота не перестает оставаться теплотой; она переходит от одного тела к другому, но не превращается в другие виды энергии. Условия общественного производства данного периода скрывают энергетический характер теплоты, который может быть обнаружен полностью лишь на новой энергетической базе — после применения универсального теплового двигателя, каковым

явилась паровая машина. До этого момента теплота воспринимается как особая субстанция. Физика и техника достигают крупных успехов при изучении теплоты — открытие калориметра дает возможность подсчитывать количество теплоты, что само по себе укрепляет вещественную теорию теплорода. Касаясь этого вопроса, Гершун совершенно правильно замечает:

«Работы по калориметрии Рихтера, Блэка и других указали на возможность измерять количество теплоты, переходящее из одного тела в другое, и дали могущественный толчок представлению о теплоте как о веществе.

Относящиеся к этому же времени открытия и исследования газов вместе с теорией флогистона, созданной Сталем, поддержали это новое учение, и представление о теплоте как о «флюиде» (теплород) перешло в учебники физики».

2. Опыты Румфорда и Дэви

Хотя условия производства на первых ступенях развития капитализма преимущественно были связаны с потреблением тепла в «натуральном» виде без превращения в другие виды энергии, однако в отдельных случаях замечалось и обратное. Опытному и настойчивому взгляду исследователя стали явными иные процессы, не поддававшиеся объяснению с точки зрения установившихся понятий о вещественном характере теплоты.

Дэви и Румфорд экспериментальным методом совершенно самостоятельно и независимо друг от друга пришли одновременно к выводам, отрицающим классическую теорию. Этот результат был достигнут ими путем исследования теплоты, появляющейся в процессе трения.

«То, что при трении развивается теплота, — пишет А. А. Максимов[1], — было известно давно. Но для того чтобы изучить этот переход одной формы движения материала в другую, нужно было, чтобы этот переход происходил в условиях, удобных для установления количественных отношений между этими формами движения. Для этого нужно было, чтобы этот переход происходил в достаточно значительном масштабе. Такой наглядный переход механической энергии в тепловую стало возможным наблюдать с развитием производства пушек. При их сверлении было замечено значительное развитие теплоты».

В 1798 г. на этот процесс обратил внимание граф Румфорд. Он указал, что теория теплорода в данном случае не может дать удовлетворительного объяснения. Однако сторонники упомянутой теории объяснили явление выделения теплоты тем, что теплоемкость металлических стружек меньше теплоемкости сплошного материала.

По их мнению стружки не в состоянии вмещать всей теплоты, которая содержалась в сплошном металле. Поэтому и происходит выделение теплоты наружу в том количестве, которое соответствует разнице между теплоемкостью стружек и сплошного материала. Таким образом опыт Румфорда был объяснен совершенно неправильно, хотя собранные во время опыта материалы как будто подсказывали правильный метод истолкования. Румфорд установил, что работа лошади в течение $2^1/_2$ час. при сверлении ствола пушки дает возможность нагреть 2,58 английских фунта воды от 0° до 100°. Отсюда представляется возможность сделать прямое заключение об эквивалентности механической и тепловой энергии и даже определить численное значение этих эквивалентов.

О. Д. Хвольсон, оценивая работу лошади в 75 *кг/м*, приходит к заключению, что эквивалент, вычисленный по опыту Румфорда, равен 570,9 *кг/м*. Эта цифра резко отличается от действительного значения эквивалента (427 *кг/м*). Нам кажется, что проф. Хвольсон допускает здесь ошибку, считая мощность реальной лошади равной 75 *кг/м*. Такой мощности лошадь может достигнуть при большом напряжении. В действительности здесь следовало бы взять не 75, а самое большее

[1] Предисловие к «Закону сохранения и превращения энергии» Роберта Майера, стр. 16.

65 *кг/м* — тогда эквивалент получился бы порядка 450 *кг/м*, что значительно ближе к истине и отвечает условиям опыта.

Сам Румфорд сделал верные выводы из своих наблюдений и указал [1]:

«... Едва ли необходимо подчеркнуть, что что-либо, будучи в состоянии непрерывно быть производимым без предела изолированным телом или системой тел, не может быть некоторой материальной субстанцией; и мне казалось бы чрезвычайно трудным, если не совершенно невозможным, образовать точное представление о вещи, могущей быть произведенной и передаваемой подобно тому, как производилось и передавалось в этих экспериментах тепло, иначе, как о движении».

Через год после работы Румфорда Дэви наносит второй удар вещественной теории теплоты. Сущность его опыта, как известно, состояла в трении двух кусков льда под колоколом воздушного насоса в пространстве, свободном от воздуха. В результате трения лед превращается в воду.

Ученые того времени никак не могли объяснить таяния льда, безусловно связанного с затратой тепла. (Появления новых запасов тепла нельзя было отрицать, так как таяние льда требует скрытой теплоты плавления, установленной еще Блэком.) Кроме того, теплоемкость полученной воды выше теплоемкости льда. Откуда же могли появиться эти новые запасы тепла, если под колоколом не было никакого другого вещества, кроме льда? Этот вопрос оставался неразрешимым с точки зрения теории теплорода. Однако эта теория держалась еще в течение очень долгого времени. Сам Дэви только через 13 лет делает правильные выводы из своего опыта и приходит к заключению, что «непосредственная причина явления теплоты есть движение, и законы сообщения тепла совершенно одинаковы с законами сообщения движения».

На основании этого суждения, а также и других высказываний Дэви [2] Вилиам Томсон склонен считать его основателем динамической теории тепла и ближайшим предшественником Майера и Джоуля [3]. Однако с этим мнением Томсона трудно согласиться. Работы Дэви только пошатнули, но не разрушили старую вещественную теорию теплоты, продолжавшую существовать еще 40 лет после его опытов.

К тому же и выводы Дэви сделаны слишком робко; они не отличаются достаточной полнотой и лишены силы философского обобщения, которая дала бы возможность распространить их на более широкий круг явлений.

А. А. Максимов в уже цитированном предисловии к «Закону сохранения и превращения энергии» дает совершенно правильную оценку опытов Румфорда и Дэви.

«Однако, как ни убедительны были эти опыты сами по себе, они не сыграли такой роли, какую сыграло изобретение и применение паровой машины в горном деле и особенно в текстильной промышленности, а затем и в других отраслях промышленности и транспорте. Здесь впервые в неизмеримо большем размере, чем когда-либо ранее, стало применяться превращение химической энергии в тепловую и последней в механическую».

Можно сказать прямо, что распространение паровых машин явилось главной предпосылкой для открытия первого закона. Начало XIX в. — триумф паровой машины как универсального двигателя, внедряющегося во все отрасли промышленности всех стран. Тогда же происходит и формирование основных

[1] An enquiry concerning the source of the Heat, which is exited by friction, «Philosoph. Transactions», 1798.

[2] An essay of Heat, Light, and the combinations of Light, напечатанное в «Contributions to Physical and Medical Knowledge», principally from the West of England, collected by Thomas Beddses, M. D.

[3] «Введение к динамической теории теплоты с численными выводами, полученными на основе джоулевского эквивалента тепловой единицы и наблюдений Реньо над водяными парами. «Transactions of the Royal Society of Edinburgh», March, 1851 and «Philosoph. Magasin», IV, 1852.

понятий, обнимаемых первым началом термодинамики. Клаузиус говорит, что изменение старых взглядов на природу теплоты произошло под влиянием известного факта, «что тепло можно использовать для получения механической работы».

Вместе с тем необходимо заметить, что запоздалое открытие первого закона (по сравнению с временем изобретения паровой машины) объясняется довольно обычным отставанием научного обобщения от социально-производственного опыта.

3. Взгляды Сади Карно на сущность теплоты

Блестящая работа Карно «Рассуждения о движущей силе огня», положившая начало термодинамике, целиком построена на вещественной теории теплоты («теплород»).

Это может служить лучшим доказательством того, насколько прочна была еще теория теплорода в начале XIX в.

Необходимо, однако, заметить, что Карно все же высказывает сомнение в достоверности вещественной природы тепла.

Уже в «Размышлениях» проскальзывают весьма осторожные оговорки вроде следующей:

«Основной закон, который мы старались установить, требует, по нашему мнению, новых подтверждений, чтобы стать вне всякого сомнения: он опирается на признаваемую в настоящее время теорию тепла, которая, нужно сознаться, не представляется нам непоколебимой твердости».

Сам Сади Карно пытается также свести теплоту к движению, подчиняющемуся обыкновенным законам механики. Монистический взгляд Карно на энергию виден из следующего рассуждения:

«Разве возможно для явлений тепла и электричества придумать иную причину, кроме какого-либо движения тел, и разве эти движения не должны подчиняться законам механики?».

Такой вывод Карно не представляет для нас ничего неожиданного. Его обобщающая точка зрения, стремление приводить разнообразные явления к одному началу и широкое пользование дедуктивным методом, конечно, должны были сказаться в окончательном формировании его взглядов.

В одной из записей его дневника содержится критика вещественной теории тепла (теплорода) и высказывается вполне определенный взгляд на действительную сущность тепла:

«Может ли движение произвести тепло (теплород)? Конечно, нет: оно может произвести только движение. Следовательно, теплота есть результат движения. Тогда вполне понятно, что она может производиться затратою движущей силы и сама производить эту силу».

В дневниках, опубликованных после смерти Карно, содержится прямое указание на превращение работы в теплоту.

Эквивалентность тепловой и механической энергии утверждается в самой категорической форме:

«Тепло — не что иное, как движущая сила, или, вернее, движение, изменившее свой вид, — это движение частиц тел; повсюду, где происходит уничтожение движущей силы, возникает одновременно теплота в количестве, точно пропорциональном количеству исчезнувшей движущей силы. Обратно: всегда при исчезновении тепла возникает движущая сила».

Далее в своем дневнике Карно делает некоторые расчеты, из которых становится ясно, что механический эквивалент равен 370 *кг/м*.

Дневники Карно еще не были опубликованы, когда механический эквивалент был найден Майером.

Р. Майер.

4. Закон сохранения и превращения энергии в формулировке Роберта Майера

Вокруг открытия Роберта Майера произошло столько споров, накопилось столько превратных суждений и толкований, что его деятельность получила правильную оценку только через много лет после опубликования его основных сочинений и то далеко не у всех ученых. Дискуссии по существу открытого Майером закона переплетались со спорами вокруг методологических проблем, которые в конечном счете затрагивали основы философии.

Для реставрации подлинной исторической перспективы необходимо решить два основных вопроса:

1) Каковы были условия производства в 30-х 40-х годах XIX в. и как эти условия могли повлиять на открытие закона сохранения и превращения энергии?

2) Что в формулировке Майера является существенно новым по сравнению с работами других ученых в данной области?

Отвечая на первый вопрос, необходимо заметить, что высокий уровень производства, возникшего на новой энергетической базе эпохи промышленного капитализма, явился достаточным и необходимым условием для открытия эквивалентности теплоты и работы.

В то время как Румфорд наблюдал переход работы в тепло только на одном явлении (сверление ствола пушки), а Дэви этот же процесс инсценировал искусственным путем (трение льда под колоколом воздушного насоса), Майер находился в гораздо более выгодном положении. Его наблюдению были открыты десятки и сотни примеров перевода теплоты в работу. И эти примеры он не создавал искусственным путем, а брал непосредственно из фабрично-заводской практики:

«Опыт везде показывает нам превращение механического эффекта в тепло... Стоит лишь пойти и понаблюдать нагревание больших жерновов и муки на мучной мельнице, нагревание мощного бегуна и масличных семян на маслобойном заводе, нагревание красильного дерева на краскотерной фабрике, постепенное образование тепла на оси всякого рода движущихся колес... Повсюду одно и то же явление: неограниченное образование тепла при затрате механического эффекта» [1].

Кроме того, Майер наблюдал и обратную трансформацию: превращение тепла в работу в паровой машине, которая во времена Майера получила огромное распространение в промышленности.

Таким образом следует прямо сказать, что исторические предпосылки открытия закона сохранения и превращения энергии были заложены в быстром развитии производительных сил эпохи промышленного капитализма. Этот вопрос представляется нам настолько ясным, что мы не будем больше на нем задерживаться и перейдем сразу ко второму вопросу: в чем заключается новизна открытия, сделанного Майером.

Давая оценку творчеству Майера, Энгельс пишет: «Количественное постоянство движения было высказано уже Декартом почти в тех же выражениях, что и теперь Клаузиусом и Р. Майером. Зато превращение формы движения открыто только в 1842 г., и это, а не закон количественного постоянства, есть как раз новое» [2].

---

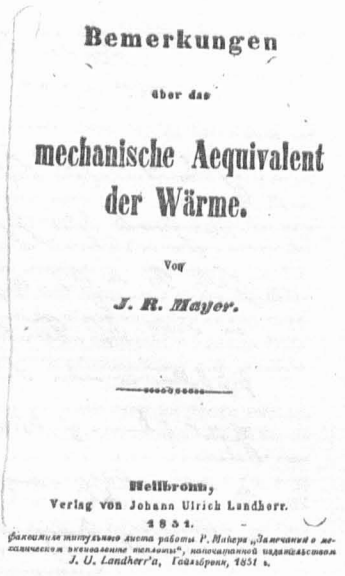
[1] Р. Майер, Органическое движение и обмен веществ.
[2] Энгельс, Диалектика природы.

Можно привести много исторических примеров, подкрепляющих это положение Энгельса. «Количественное постоянство» было известно еще задолго до Майера и не только Декарту, но также и другим ученым. Еще Ломоносов пытался распространить «закон сохранения», относя его не только к веществу, но также и к движению. Он пишет: «Все перемены, в натуре слагающиеся, такого суть состояния, что сколько чего у одного тела отнимется, столько присовокупится к другому. Так, ежели где убудет несколько материи, то умножится в другом месте.

Сей всеобщий закон простирается и на самые правила движения, ибо тело, движущее своею силою другое, столько же оные у себя теряет, сколько сообщает другому, которое от него движение получает» [1].

Что же касается принципа неуничтожаемости теплоты как таковой, то этот принцип вытекает совершенно неизбежно из вещественной теории теплорода.

Закон постоянства сумм тепла, имеющий исключительное значение в термохимии и открытый Гессом за два года до открытия закона сохранения и превращения энергии, «казался Гессу настолько очевидным, что он его считает почти аксиомой» [2].


Bemerkungen

über das

mechanische Aequivalent der Wärme.

Von

J. R. Mayer.

Heilbronn,
Verlag von Johann Ulrich Landherr.
1851.

Титульный лист первого издания труда Майера «Bemerkungen über das mechanische Aequivalent der Wärme», 1851.

Таким образом основное значение и новизна открытия Майера лежат не в принципе «сохранения», а в принципе «превращения», что неоднократно и подчеркивалось Энгельсом в «Диалектике природы».

Еще в своей первой, ненапечатанной работе «О количественном и качественном определении сил» Майер замечает: «Движение, теплота и, как мы намерены показать в дальнейшем, электричество представляют собой явления, которые могут быть сведены к одной силе, которые измеряются друг другом и переходят друг в друга по определенным законам».

Таким образом после открытия Майера «количественная устойчивость» теплоты, открытая благодаря калориметрии, не является уже более доводом в пользу вещественной теории тепла, так как эта же «количественная устойчивость» была доказана и для явления превращения теплоты в работу.

В другой работе «Органическое движение и обмен веществ» Майер высказывается еще более определенно:

«Изучать силу в ее различных ф о р м а х, исследовать условия ее превращения (метаморфоз) — такова единственная задача физики».

И несколько далее, там же:

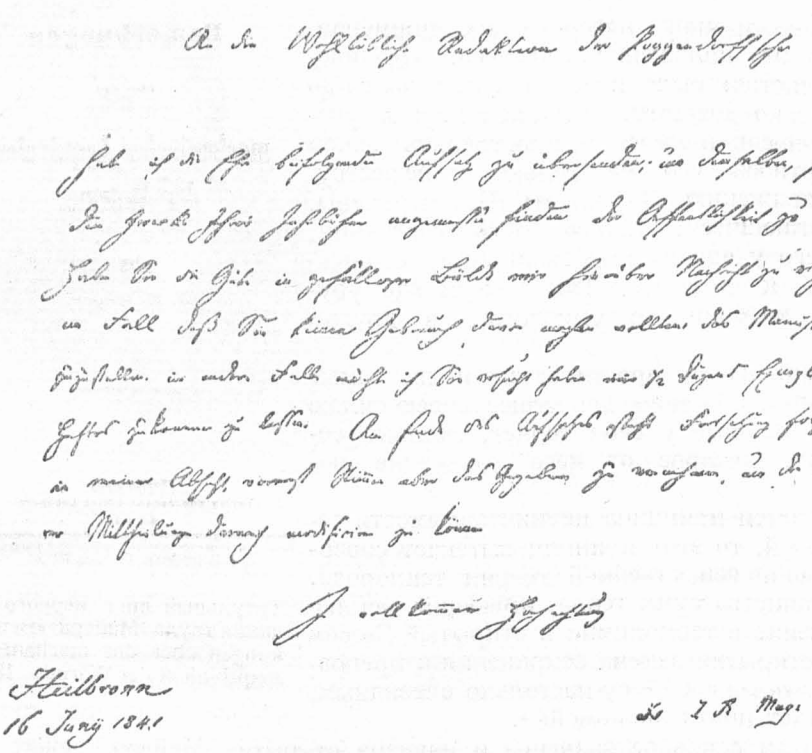
«Можно доказать a priori и во всех случаях подтвердить на опыте, что различные силы могут превращаться друг в друга»...

«Нигде нельзя найти ни одного процесса, где бы не было изменения силы со стороны ее формы»...

И, наконец, блестящая формулировка в одной из последних работ «О механическом эквиваленте теплоты».

«Связь, существующая, как мы видели, между теплотой и движением, относится к качеству, а не к количеству, ибо, выражаясь словами Эвклида, противоположности, равные друг другу, не становятся еще от этого подобными друг другу».

[1] М. В. Л о м о н о с о в, Рассуждение о твердости и жидкости тел.
[2] Проф. К а б л у к о в, Термохимия.



Факсимиле письма Майера к Поггендорфу.

Несмотря на то, что все указанные положения совершенно ясно раскрывают основную мысль Майера, последняя была не понята современниками, и только Энгельс дал правильную оценку открытию, сделанному Майером.

Связанные ограниченными размерами настоящей статьи, мы не имеем возможности дольше останавливаться на всех подробностях жестокой борьбы, возникшей вокруг открытия Майера. Укажем лишь, что ему пришлось пережить много насмешек, унижений и тупого непонимания современников и что вся эта травля довела Майера до грани психической болезни, сильно расшатав его здоровье.

Сущность возражений против его теории легче всего проследить по работам Гельмгольца, который был одним из наиболее сильных, убежденных и последовательных противников Майера. Изучая сочинения Гельмгольца, мы видим, что его разногласия с Майером имеют отнюдь не случайный характер; они обусловлены различной методологией, диаметрально противоположным пониманием путей и приемов исследования природы. Сам Гельмгольц пишет:

«К весьма различной оценке того, что сделано Р. Майером, приводит давнее противоположение умозрения и эмпирии, противоположная оценка дедуктивного и индуктивного знания. Не могу умолчать об этом, ибо я сам часто упоминал Майера, указывая на его славу и не делая никаких ограничений: последнее при жизни страдальца являлось бы неуместным. Так как, однако, его имя и его история употребляются для того, чтобы поддерживать научные принципы, которые я считаю совершенно ложными и которые, к сожалению, еще не совсем утратили силу соблазна для немецкого образованного общества, то я должен отказаться от своей осторожности».

В дальнейшем Гельмгольц высказывается еще прямее и резче: «...идея Майера не нова и страдает в научной точности: издавна скрытые идеи механической теории теплоты были точно выражены и поставлены на истинные индуктивные основания англичанином Джоулем, и слава остается за ним».

Из приведенных цитат совершенно очевидно, что неправильная оценка Майера имеет в своей основе порочную методологию. Гельмгольц преувеличивает значение индуктивного метода и не желает дать должную оценку дедуктивным построениям Майера.

Но этого мало. Гельмгольц трактует закон сохранения и превращения энергии сугубо механически, обращая внимание лишь на количественную сторону, на постоянство запаса энергии и совершенно не учитывая качественный момент — момент превращения.

Поэтому ему и кажется, что идеи Майера не отличаются новизной и что Джоуль как более глубокий экспериментатор должен считаться автором закона сохранения энергии.

Это обстоятельство с особенной силой подчеркивается Энгельсом в «Диалектике природы». Он пишет:

«Понятие работы не развивается у Гельмгольца и даже не определяется им. И именно количественная неизменность величины работы скрывает от него тот факт, что основным условием всякой физической работы является качественное изменение, перемена формы».

Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur;

von *J. R. Mayer.*

Der Zweck folgender Zeilen ist, die Beantwortung der Frage zu versuchen, was wir unter „Kräften" zu verstehen haben, und wie sich solche untereinander verhalten. Während mit der Benennung Materie einem Objecte sehr bestimmte Eigenschaften, als die der Schwere, der Raumerfüllung, zugetheilt werden, knüpft sich an die Benennung Kraft vorzugsweise der Begriff des unbekannten, unerforschlichen, hypothetischen. Ein Versuch, den Begriff von Kraft ebenso präcis als den von Materie aufzufassen, und damit nur Objecte wirklicher Forschung zu bezeichnen, dürfte mit den daraus fliefsenden Consequenzen, Freunden klarer hypothesenfreier Naturanschauung nicht unwillkommen seyn.

Kräfte sind Ursachen, mithin findet auf dieselbe volle Anwendung der Grundsatz: *causa aequat effectum.* Hat die Ursache *c* die Wirkung *e*, so ist $c = e$; ist *e* wieder die Ursache einer andern Wirkung *f*, so ist $e = f$, u. s. f. $c = e = f \ldots = c$. In einer Kette von Ursachen und Wirkungen kann, wie aus der Natur einer Gleichung erhellt, nie ein Glied oder ein Theil eines Gliedes zu Null werden. Diese erste Eigenschaft aller Ursachen nennen wir ihre *Unzerstörlichkeit.*

Страница из труда Майера «Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur».

Майер же утверждает диаметрально противоположное. Он в своих рассуждениях «О механическом эквиваленте теплоты» прямо указывает, что тепловые явления нельзя рассматривать «просто как явления движения» и что связь, существующая между теплотой и движением, «относится к качеству, а не к количеству».

Сопоставляя работы Майера и Гельмгольца («О сохранении силы», 1847 г.), Энгельс определенно отдает преимущество первому из них. По его мнению Майер, утверждавший еще в 1842 г. «неразрушимость силы», значительно опередил Гельмгольца, который в 1847 г. не дал ничего нового, кроме математического доказательства, что «сохранение силы» и центральное действие сил, действующих между различными телами какой-либо системы, являются лишь двумя различными выражениями одной и той же вещи и что сумма живых сил и сил напряжения постоянна в механической системе.

Подводя итоги, можно сказать, что Майеру принадлежит заслуга философского обоснования принципа эквивалентности, а Гельмгольцу — математическая обработка закона сохранения энергии.

Что же касается экспериментальной части, связанной с определением теплового и механического эквивалентов, то здесь главная роль принадлежала, конечно, Джоулю, опыты которого мы описываем в следующем разделе.

Как на ближайших предшественников Майера следует указать на Сади Карно и Фарадея.

В «Экспериментальных исследованиях по электричеству» (серия 17) Фарадей прямо указывает на то, что «есть много процессов, которыми форма силы изменяется так, что происходит видимое превращение одной в другую. Так можно превратить химическую силу в электрический ток или наоборот. Изящные опыты Зеебека и Нельте показывают взаимную превратимость теплоты и электричества, другие опыты Эрстеда и мои показывают взаимную превратимость электричества и магнетизма».

Следует, впрочем, заметить, что Майер имеет и других предшественников, кроме Карно и Фарадея. К ним следует отнести Сегена, Мора и др.

Сам Майер прекрасно понимал, что при создавшейся исторической ситуации открытие эквивалентности теплоты и работы было совершенно неизбежно. Он говорит, что наука вступила на такой путь, на котором во всяком случае не могло долго оставаться скрытым существование механического эквивалента.

Подводя итоги сказанному, необходимо заметить, что изменение взглядов на природу теплоты представляет собой хороший пример диалектического развития.

Мы находим здесь переход от античного понимания теплоты как движения к вещественной теории (в результате выяснения производственным опытом количественной устойчивости тепла).

После этого происходит возвращение к теории теплоты — движения на базе нового производственного опыта (эпоха промышленного капитализма).

5. Определение численного значения эквивалентов

Проблема исследования эквивалентов, которой уделяется такое огромное внимание в середине XIX в., не была отвлеченной физической проблемой, но имела самое живое практическое значение.

Эквиваленты необходимо было знать для определения *КПД* паровой машины.

Роберт Майер сразу пользуется найденным эквивалентом для оценки качества работы тепловой машины. «С обычной простотой и ясностью, характеризующей этого гениального ученого, он определяет использование тепла в двигателе по расходу тепла на совершение определенной работы» [1]. Этому вопросу посвящен труд Майера: «Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel», 1845.

Полагая, что в хорошей машине его времени английский фунт каменного угля дает 500 000 футо-фунтов работы и что теплотворная способность равна 7 000 *кал* на килограмм (или 3 160 *кал* на фунт), Майер, пользуясь найденным эквивалентом, определяет *КПД* всей установки.

Здесь небезынтересно отметить, что 1 футо-фунт соответствует примерно 0,33 *кг/м*. Таким образом 500 000 футо-фунтов составляют примерно 65 000 *кг/м*. Принимая тепловой эквивалент равным 427, находим, что теплота, заключенная в топливе, эквивалентна $3\,160 \cdot 427 \cong 1\,350\,000$ *кг/м*.

Таким образом коэфициент полезного действия равен $\frac{65\,000}{1\,350\,000} = 0{,}05$, или 5%.

На этом простейшем примере можно показать, что развитие такой, казалось бы, отвлеченной дисциплины, как термодинамика, обусловливается потребностями механики, необходимостью экономить топливо и в связи с этим отыскать критерий для экономичности действия паровой машины.

Можно сказать, что термодинамика первой половины XIX в. есть термодинамика паровой машины и что самые ее отвлеченные проблемы в конечном счете ставились и разрешались под влиянием растущей крупной промышленности, делающей заказ на тепловой двигатель большой мощности и экономный в эксплоатации.

Механический эквивалент не был вычислен сразу с необходимой точностью. В первоначальных опытах Майером была допущена довольно грубая ошибка, хотя примененный метод был совершенно правилен: он исчислял эквивалент на основании разницы между теплоемкостью при постоянном давлении и теплоемкостью при постоянном объеме.

Для этого 1 $см^3$ воздуха был нагрет при постоянном давлении. Расход тепла составил 0,00347 *кал*. Для определения теплоемкости при постоянном объеме

[1] А. Радциг, Новейшие течения в развитии тепловых двигателей.

Майер воспользовался законом Дюлонга, согласно которому отношение $\frac{C_p}{C_v} = 1{,}421$. Таким образом была вычислена разница между теплоемкостью при постоянном давлении и постоянном объеме. Это и есть та теплота, которая была израсходована на работу расширения газа.

Приняв давление атмосферы за 1 033 *г/см*², а коэфициент объемного расширения (согласно данным Гей-Люссака) $^1/_{274}$, Майер подсчитал, что 1 малая калория эквивалентна 367 грамм-метрам.

Впоследствии Майер исправил свою ошибку и дал значение технического эквивалента на основании опытов Реньо и Джоуля не 367, а 425 [1].

Второй опыт Майера был проделан на бумажной фабрике с четырьмя голландерами. В каждом из них находилось 80 фунтов бумажной массы и 1 200 фунтов воды. После закладки бумажной массы температура непрерывно повышалась. При температуре окружающей среды 15° С температура смеси в промежутке времени от 32 до 40 мин. поднялась от 14 до 16°.

Наивысшая из более или менее постоянных температур, наблюдавшихся во время опыта в одном из голландеров, равнялась 30° С. Отсюда Майер делает вывод, что нагревание 1 280 фунтов на 1° в течение 16 мин. эквивалентно 3,16 *л. с.* (полагая, что 1 *л. с.* эквивалентна подъему 27 000 фунтов на 1 фут в минуту).

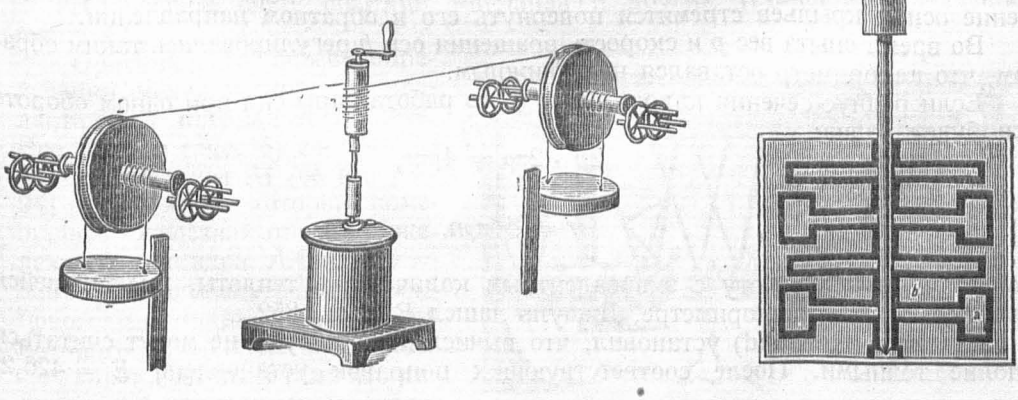
Этот вывод находился в приблизительном соответствии с опытными данными — голландер обслуживался 5 лошадьми.

Наконец, Майер сравнивает на основании найденных эквивалентов коэфициенты полезного действия первых уаттовских машин и новых конструкций. Определив наивысший *КПД* современной ему паровой машины в 6%, он совершенно правильно замечает, что многие двигатели (например паровозы) работают при более низких показателях.

Приняв во внимание, что 24-фунтовое ядро приобретает скорость 1 500 футов в секунду за счет сжигания 8 фунтов пороха, Майер доказывает, что его *КПД* (по терминологии Майера: «механический эффект») равен 9%.

Работы Майера в области определения численного значения механических эквивалентов значительно уступают в точности Джоулю. Только последнему удалось с течением времени определить верное значение эквивалентов и при содействии других ученых разработать технику экспериментальных исследований, предпринимаемых с этой целью.

[1] Р. Майер, Органическое движение и обмен веществ, стр. 113.



a *b*

Рис. 1. *a* — прибор для опыта Джоуля; *b* — лопатки прибора для опыта Джоуля.

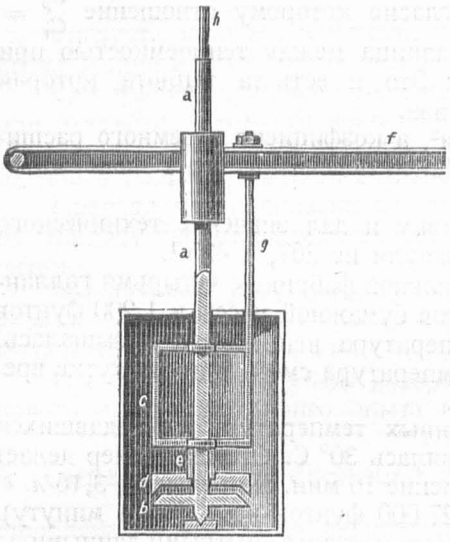


Рис. 2. Прибор для определения механического эквивалента путем трения чугуна.

Первые опыты Джоуля также не отличались особой точностью. Он погружал в сосуд с водой колесо, работавшее по типу турбины, и, определив повышение температуры воды после опыта отыскивал численное значение эквивалентов. В результате одного из этих опытов эквивалент оказался равным 452 *кг/м*, а в результате другого 521 *кг/м* [1].

Гельмгольц подверг опыты Джоуля справедливой критике, указав, что «... его методы измерения мало соответствуют сложности изучаемого явления, поскольку эти результаты могут претендовать каким-либо образом на точность; по всей вероятности, приведенные числа слишком высоки, так как при его методе теплота легко могла ускользнуть от наблюдения, наоборот, механическая энергия в остальных частях аппарата не вводилась в расчеты» [2]. Впоследствии Джоулем была предпринята целая серия универсальных опытов для определения механического эквивалента.

На рис. 1 представлен простейший аппарат Джоуля, описание которого общеизвестно. На рис. 2 показано устройство другого аппарата. Его отличительная особенность заключается в том, что для вычисления эквивалента производят трение чугуна о чугун.

Если надавить на правый конец рычага, то пластинка *d* прижмется к вращающемуся кругу *b*. Сила получившегося при этом трения сопротивляется вращению оси, связанному со спуском гирь.

В 1878 г. Джоуль производит опыт отыскания механического эквивалента в аппарате более сложной конструкции, заимствуя идею Гирна (рис. 3). Здесь калориметр опирается на три деревянные палочки, укрепленные на сосуде *w*, который плавает в воде, находящейся во втором сосуде *v*.

Ось *b* приводится в движение при помощи махового колеса *f*. Для учета количества оборотов ось *b* связана со счетчиком *g*.

На чашечки *kk* положены гири весом *p*. Очевидно, они образуют пару сил, стремящихся повернуть калориметр в одном направлении, в то время как вращение оси и крыльев стремится повернуть его в обратном направлении.

Во время опыта вес *p* и скорость вращения оси *b* регулировались таким образом, что калориметр оставался неподвижным.

Если радиус сечения калориметра ϱ, то работа пары сил при одном обороте оси будет равна:

$$2p \cdot 2\pi\rho = 4p\pi\rho,$$

а при n оборотов:

$$r = 4p\pi\rho n.$$

Сопоставляя эту работу с эквивалентным количеством теплоты, выделившейся во время опыта в калориметре, Джоуль нашел $E = 423{,}852$.

Роуланд (Rowland) установил, что вычисления Джоуля не могут считаться вполне точными. После соответствующих поправок установлено $E = 426{,}2$.

[1] J. P. Joule, On the existence of an equivalent relation between Heat and the ordinary forms of mechanical power, «Philosoph. Magas.», XXVII, 205.

[2] Гельмгольц, О сохранении силы.

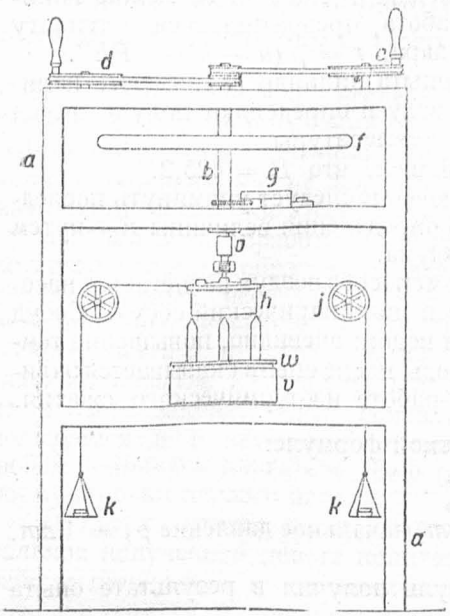


Рис. 3. Усовершенствованный аппарат Джоуля.

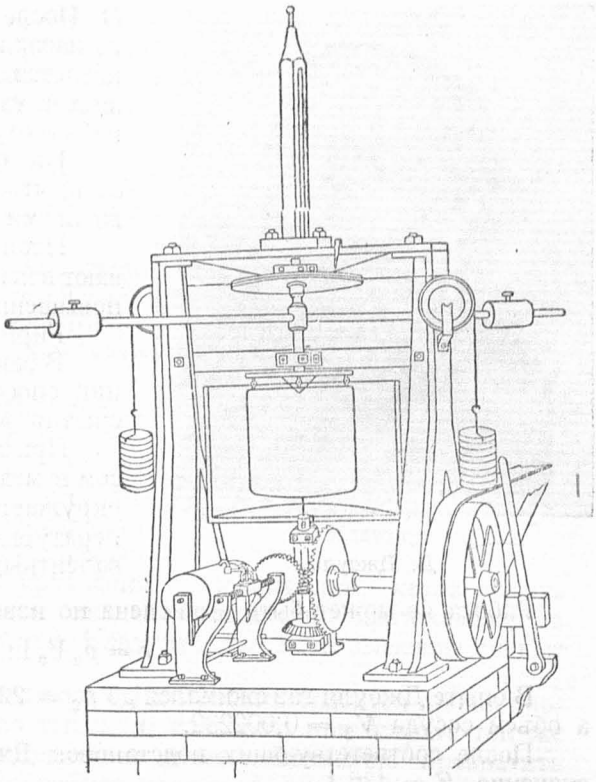


Рис. 4. Прибор для определения механического эквивалента, работающий от нефтяного двигателя.

Опыты Джоуля были впоследствии повторены при помощи более точных аппаратов.

Один из таких аппаратов представлен на рис. 4 (прибор Роуланда, 1879—1880 гг.). Здесь ось приводилась в движение механически от нефтяного двигателя. Специальный хроноскоп записывает число оборотов. Путем введения ряда поправок удалось установить переменное значение механического эквивалента для различных температур. Этим самым была доказана зависимость теплоемкости от температуры.

В конечном счете опытами Роуланда и других установлено значение E около 427.

Оригинальный способ определения механического эквивалента был предложен Гирном. Его прибор (рис. 5) состоял из каменной глыбы M (ее вес $p =$ 941 *кг*), на конце которой помещалась железная плитка B железного цилиндра AA (вес $p =$ 350 *кг*), и промежуточного свинцового цилиндра, тмпература которого измеряется до опыта.

Опыт состоит в том, что цилиндр AA отодвигают направо, поднимают его на высоту h, а затем дают ему удариться о цилиндр

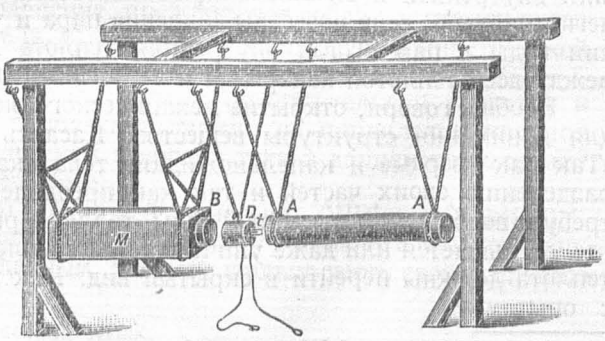


Рис. 5. Аппарат для определения механического эквивалента по способу Гирна.

Д. Джоуль.

D. После удара цилиндр AA отходит немного назад и поднимается на высоту h'. Что же касается цилиндра D, то он передает воспринятый удар глыбе M, которая поднимается на высоту h''.

На основании сказанного можно написать, что работа, превратившаяся в теплоту во время удара, $r = p\,(h - h') - Ph''$.

После опыта цилиндр D снимают, наливают в него воду и определяют получившееся повышение температуры.

Гирн нашел, что $E = 425{,}2$.

В заключение следует упомянуть последний способ определения величины E—путем сжатия воздуха.

При этом способе воздух нагнетается насосом в медный цилиндрический сосуд. Сосуд окружается водой: очевидно, повышение температуры воды после опыта оказывается эквивалентным работе изотермического сжатия.

Работа не может быть вычислена по известной формуле:

$$r = p_2 V_2 \ln \frac{p_1}{p_2}.$$

В опыте Джоуля газ сжимался до $p_2 = 22\ am$, начальное давление $p_1 = 1\ am$, а объем сосуда $V_2 = 0{,}002232$.

После соответствующих подстановок Джоуль получил в результате опыта значение $E = 436{,}1$.

Очевидно, величина E может быть найдена и обратным путем: не при сжатии, а при расширении газа. Это также было проделано Джоулем: сжатый в цилиндре воздух выпускался наружу, причем понижение температуры воды в калориметре, эквивалентное работе расширения, давало основание найти E.

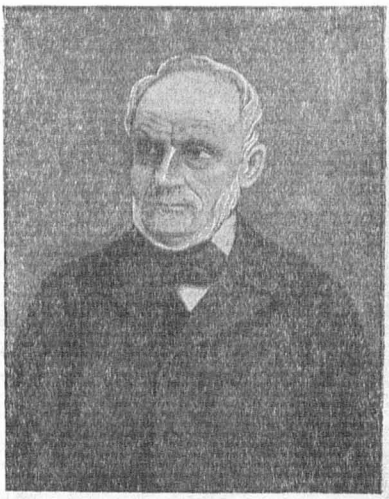
Из приведенных примеров можно заключить о той высокой степени совершенства, которая была достигнута экспериментальной техникой в процессе определения механического эквивалента.

Из числа других ученых, работавших в этой области, следует упомянуть Клапейрона [1], Нерсона, Гольцмана [2], Эрмунда (1865 г.) и Вилля (1879 г.). Последний вычислил механический эквивалент на основании теплоты, поглощаемой газом при расширении, т. е. по методу Джоуля. Он же один из первых дал правильное объяснение скрытой теплоты испарения, представив ее как сумму двух величин: внутренней и внешней. При этом, очевидно, внешняя теплота может быть легко найдена, если известны давление пара и увеличение объема при превращении воды в пар. Тогда внутренняя теплота легко определяется как разница между всей теплотой испарения и ее внешней частью.

Вообще говоря, открытие механического эквивалента дало богатый материал для понимания структуры вещества. Касаясь этого вопроса, Майер замечает: «Так как твердые и капельножидкие тела оказывают некоторое сопротивление разделению своих частей и так как преодоление механических сопротивлений требует вообще затраты живой силы, то уже a priori можно предполагать, что там, где уменьшается или даже уничтожается сцепление какого-нибудь тела, сила или теплота должны перейти в скрытый вид. Как известно, это хорошо согласуется с опытом» [3].

[1] «Pogg. Ann.», т. LIX, 446, 1843.
[2] Ueber die Wärme und die Elastizität der Gase und Dampfe.
[3] Р. Майер, О механическом эквиваленте теплоты.

Интересно в заключение отметить, что Нерсон пытался даже доказать путем эксперимента что скрытая теплота плавления металлов прямо пропорциональна силе внутреннего сцепления.



Р. Клаузиус

6. Математическая обработка и формулировка первого закона термодинамики

Роберт Майер, глубоко исследовавший трансформацию энергии и заложивший прочный философский фундамент для понимания первого закона термодинамики, не дал вместе с тем математической обработки этого закона.

Не дал этой обработки и Джоуль, заслуга которого главным образом заключалась в экспериментальных исследованиях и вычислениях механического эквивалента. Заслуга математического анализа первого закона принадлежит главным образом Клаузиусу. Клаузиус, исходя из первого закона, вывел основные уравнения термодинамики, которыми мы пользуемся и в настоящее время при анализе процессов, протекающих в любом тепловом двигателе. Вместе с тем Клаузиус дал исчерпывающе точные формулировки первого начала:

«Во всех случаях, когда из теплоты появляется работа, тратится пропорциональное полученной работе количество тепла, и, наоборот, при затрате той же работы получается то же количество тепла», и далее: «Возможно превратить работу в теплоту и, наоборот, теплоту в работу, причем обе эти величины пропорциональны друг другу» [1].

В связи с установлением первого начала Клаузиус предвидит случаи, при которых придется складывать теплоту и работу, рассматривая их как части суммы.

Уже в 1850 г. в своей первой работе Клаузиус «охватил обе эти величины одним знаком» [2]. То же самое он повторяет и в «Механической теории тепла». Если всю подведенную к телу теплоту обозначить через dQ, а проделанную работу — через dW, то можно написать:

$$dQ = dU + dW.$$

Это уравнение и является математическим воплощением первого закона термодинамики.

Величина U, входящая в это уравнение, представляет собой то, что мы называем теперь «внутренняя энергия» тела, т. е. сумму его внутренней кинетической и внутренней потенциальной энергии. Сам Клаузиус обозначает $U = H + I$. Клаузиус первоначально определил U как сумму «действительной теплоты» и «внутренней работы». Однако этот громоздкий термин не привился в научной практике. Томсон назвал U «механической энергией тела в данном состоянии» [3] (The mechanical of a body in a given state).

Кирхгоф назвал эту функцию функцией действия (Wirkungsfunktion) [4].

Цейнер определил U как «внутреннюю теплоту тела». Последнее название Клаузиус считает не вполне удачным, так как «только часть этой величины

[1] Р. Клаузиус, Механическая теория тепла.
[2] «Pogg. Ann.», т. 79, стр. 368.
[3] «Transactions of the Royal Society of Edinburgh» т. XX, стр. 475.
[4] «Pogg. Ann.», т. 103, стр. 177.

Г. Гельмгольц.

предс гавляет действительно заключающуюся в теле теплоту, в то время как остальная ее часть относится к теплоте, которая тратится на внутреннюю работу и, следовательно, не существует больше как теплота».

Через два года Цейнер определил U как «внутреннюю работу тела».

Мы остановились на различных вариантах терминологии для того, чтобы показать, с какой быстротой стал внедряться в науку первый принцип термодинамики и какую тонкую и точную формулировку старались дать ему ученые уже через несколько лет после его открытия.

Клаузиус дополняет свое уравнение весьма ценным понятием «кругового процесса», т. е. такого процесса, в котором вещество в конечном счете возвращается в свое начальное состояние. Поскольку при этом $U_1 = U_2$, он приходит к выводу: $Q = W$ или в словесной формулировке:

«В круговом процессе вся сообщенная телу теплота... равна всей совершенной работе» [1].

В дальнейшем Клаузиус (методом, который и в настоящее время используется во всех курсах термодинамики) доказывает, что работа равняется произведению давления на бесконечно малое приращение объема. Интегрированием уравнения, выражающего первый закон термодинамики, Клаузиус, находит формулы отдельных процессов [например для изотермического процесса $Q = ART \ln \frac{v_1}{v}$, для адиабаты $\frac{T}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v}\right)^{k-1}$ и др.]. На этой стороне работ Клаузиуса мы не будем останавливаться подробно — здесь пришлось бы перечислить все формулы современной термодинамики, которые являются логическим и математическим завершением первого закона термодинамики.

7. Испытание паровых машин

Учение об эквивалентности теплоты и работы, возникшее после распространения паровых машин, в свою очередь оказало огромное влияние на их дальнейшее усовершенствование.

После того как был вычислен механический эквивалент, представилась широкая возможность испытывать паровые машины в целях определения качества их работы. Эта прикладная сторона первого закона была прекрасно известна еще Майеру, о чем мы уже говорили выше.

Мало того, сам Майер наметил в общих чертах методы исследования паровых машин. Он прямо указывает: «Исходя из количества горючего материала, поглощенного паровой машиной, можно вычислить общую затрату тепла. После того как из этого количества будет вычтена имеющая место непроизводительная потеря тепла через излучение, теплопроводность и воздушную конвекцию, останется тепло, действительно продуктивно использованное и соответствующее известной мощности машины» [2].

[1] Клаузиус, Механическая теория тепла.
[2] Р. Майер, Органическое движение и обмен веществ.

В другом месте он прямо говорит, что разница между теплом, внесенным в машину и выброшенным из нее, «дает целесообразно использованное или превращенное в механический эффект тепло».

Наконец, следует упомянуть о том, что Майер является изобретателем специального аппарата, аналогичного по своим задачам тормозу Прони и имеющего целью определение мощности двигателей. (Этот аппарат хранится в Мюнхенском музее науки и техники.)

Но, конечно, одних указаний Майера было еще мало для правильных испытаний паровой машины.

Огромный вклад в эту область внес Клаузиус. Он аналитически доказал, что площадь кругового цикла в индикаторной диаграмме соответствует работе этого цикла. Им же была произведена глубокая математическая обработка первого закона, причем полученные формулы непосредственно легли в основу испытания машин.

Г. Гирн.

Параллельно этому назревали и другие предпосылки, необходимые для испытания. Гольцман, Цейнер, Реньо и др. исследовали свойства пара. Были определены объемы пара при разных давлениях, теплота жидкости, теплота испарения и т. д. Все это вместе взятое дало возможность Гирну разработать систему испытания, которая сохраняет свое значение и до настоящего времени. Работа паровой машины была взята под контроль, все отклонения от нормальных показателей немедленно выявлялись в процессе испытания. Таким образом представлялась возможность немедленно исправлять обнаруженные дефекты и тем самым добиваться экономии топлива.

В дальнейшем мы покажем, что применение первого принципа термодинамики дает возможность найти точные количественные показатели, характеризующие работу тепловых двигателей.

Прикладное значение закона сохранения и превращения энергии обнаруживается чрезвычайно скоро.

Уже в 1855 г. Гирн разрабатывает метод калориметрического исследования паровых машин [1].

Основной принцип калориметрического исследования представляет собой не что иное, как интерпретацию первого закона термодинамики в применении к процессам паровой машины.

Он формулируется Брандтом в следующих словах:

«Количество теплоты, введенной в цилиндр со свежим паром между какими-либо двумя положениями поршня, увеличенное количеством теплоты, сообщенной в то же время пару стенками цилиндра, равно изменению полной внутренней энергии пара, сложенной с тепловым эквивалентом внешней работы, произведенной паром в то же время».

Пользуясь методом Гирна, можно получить полную картину последовательных изменений состояния пара, а также подсчитать, какое количество теплоты обменено между паром и стенками цилиндра.

Таким образом взору исследователя открылись «недра» машины и все то, что раньше оставалось в них скрытым.

Метод Гирна получил аналитическое обоснование в работах профессора Льежского университета Dwelshauvers-Dery.

[1] Этот метод описан в «Exposition analytique et experimentale de la thèorie mècanique de la chaleur», 1862.

Основные уравнения, необходимые для испытания паровой машины, могут быть найдены из следующих предпосылок:

а) Если теплосодержание пара $A = xr + q$ [1], а количество пара, пущенного в машину, M, то полное количество теплоты, внесенной в машину,

$$Q = M(xr + q).$$

б) Внесено в котел с питательной водой при температуре t_n количество тепла

$$c = M t_n.$$

в) Отдано пару в машине паровой рубашкой при конденсации в ней w *кг* пара и скрытой теплоте испарения r:

$$Q' = wr.$$

г) Отдано холодильнику теплоты:

$$C = E(t''_x - t'_x),$$

где E — количество килограммов воды, пропущенной через холодильник, t'_x и t''_x — температура ее при впуске и выпуске.

д) Отдано лучеиспусканием S.

Таким образом работа машины

$$L = Q - c + Q' - C - S.$$

Эта же работа может быть непосредственно найдена из индикаторной диаграммы.

Если L_a — работа впуска, L_d — работа расширения, L_e — работа выпуска, L_c — работа сжатия, то

$$L = L_a + L_d - L_e - L_c.$$

Происходящий в соответствующие моменты теплообмен между стенками цилиндра и паром обозначаем через R_a, R_d, R_e и R_c. Исходя из сказанного, можно написать следующие уравнения:

$$R_a + R_d + R_e + R_c + S = Q'.$$

Количество теплоты R_e сообщается пару стенками цилиндра во время выпуска. Повидимому, R_e представляет собой чистую потерю, так как эта теплота выбрасывается вместе с паром в холодильник.

Гирн назвал эту потерю refroidissement au condenseur.

Метод Гирна получил широкое распространение в середине XIX в. В этом методе каждое уравнение построено по принципам первого закона термодинамики и дает возможность математически точного определения отдельных параметров. Лучшей иллюстрацией практического приложения технической термодинамики к нуждам промышленности может служить испытание паровых машин, в котором дан синтез всех достижений современной науки о тепловых двигателях.

Замечательный результат исследования паровых машин заключается в том, что было обнаружено явление начальной конденсации как основного фактора, влияющего на понижение *КПД*. Так, например, во время одного испытания установлено, что если в машину пущено пара $M = 0{,}2634$, то в конечный момент впуска M_a оказалось равным 0,1654, таким образом около 0,08 *кг* пара сконденсировалось, что составляет более трети всего впущенного пара. При этом пар отдает стенкам цилиндра скрытую теплоту испарения $R_a = 49{,}41$ *кал*, т. е. почти $^1/_3$ всей теплоты, расходуемой за один ход поршня (161,85 *кал*).

Теплота же, отдаваемая во время выталкивания, $R_e = 39{,}92$, выбрасывается в холодильник и составляет совершенно бесполезную потерю.

[1] В этой формуле r – скрытая теплота испарения, x—степень сухости, q—теплота жидкости.

На основании данных, установленных во время испытания, можно определить индикаторный *КПД*, который будет равен применительно к этому случаю:

$$\frac{L}{Q-c}=\frac{18{,}77}{161{,}85}=0{,}116.$$

Что же касается термического *КПД* для этого цикла, то он был вычислен по формуле Ренкина-Клаузиуса и оказался равным 0,257.

Таким образом относительный *КПД* будет равен

$$\frac{0{,}116}{0{,}257}=0{,}45.$$

Из приведенных рассуждений ясно, что калориметрическое исследование паровых машин, основанное на первом законе термодинамики, дало возможность определить коэфициенты полезного действия и выяснить, что главнейшая внутренняя потеря состоит в начальной конденсации пара.

Отсюда очевидно, что технический прогресс направляется в первую очередь по линии тех усовершенствований, которые дают возможность уменьшить явление начальной конденсации (применение принципа многократного расширения, перегретого пара, паровой рубашки, прямоточности, быстроходности, и т. д.).

Литература

1. Ф. Энгельс, Диалектика природы.
2. Роберт Майер, О количественном и качественном определении сил.
3. Роберт Майер, Органическое движение и обмен веществ.
4. Роберт Майер, Замечания о силах неживой природы.
5. Роберт Майер, Замечания о механическом эквиваленте теплоты.
Работы Майера изданы ГТТИ в 1933 г. под общим названием «Четыре исследования о сохранении и превращении энергии».
6. А. А. Максимов, Роберт Майер и законы сохранения и превращения энергии (вводная статья к «Четырем исследованиям»).
7. Г. Гельмгольц, О сохранении силы. Перевод, редакция, библиографический очерк и примечания академика П. П. Лазарева, изд. 2-е ГТТИ, 1934 г.
8. Р. Клаузиус, Механическая теория тепла (Математическое введение). Напечатано в сборнике «Второе начало термодинамики», ГТТИ, 1934 г.
9. Виллиам Томсон, О динамической теории теплоты с численными выводами, полученными на основе джоулевского эквивалента тепловой единицы и наблюдений Реньо над водяными парами (напечатано там же).
10. Сади Карно, Размышление о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу (напечатано там же).
11. О. Д. Хвольсон, Термодинамика, 1895 г.
12. О. Д. Хвольсон, Курс физики.
13. Г. Цейнер, Основные начала механической теории теплорода с особенным рассмотрением водяного пара, 1862, перевод А. В. Лушкина.
14. Н. Шиллер, Происхождение и развитие понятия о температуре и тепле, 1899 г
15. Проф. А. А. Брандт, Основания термодинамики, изд. 4-е, 1923.
16. Проф. Каблуков, Термохимия.
17. Эрнст Мах, Принципы сохранения энергии. Перевод Котлора, 1909 г.
18. В. Оствальд, Философия природы.
19. Ф. Розенбергер, История физики, Перевод под редакцией И. Сеченова, ГТТИ, 1933 г.
20. Dwelshauvers-Déry, Méthode nouvelle pour répresenter l'échange de chaleur entre le métal et la vapeur, Mulhouse, 1888 г.
21. G. Hirn, Récherches sur l'équivalent méc. de la chaleur, Colmar, 1858.
22. Dwelshauvers Dèry, Exposé de la théorie expérimentale de Hirn, Mulhouse, 1889.
23. J. P. Joule, Scientific papers, London, Tailor and — Francis, 1884—1887.
24. Bèlanger, L'équivalent mécanique de la chaleur Paris, 1863.

Первый закон термодинамики, выросший на базе, созданной успешным применением паровых машин, в свою очередь сам начинает влиять на усовершенствование этих машин.

Б. ЛАХТИН
В. ЗЕНЬКОВИЧ

Технические сдвиги в развитии районных электростанций СССР за первую пятилетку

I. Общий анализ развития ГРЭС

1. Дореволюционная энергетика

Из всех отраслей народного хозяйства электроэнергетика более всего нуждается в строгом проведении планового начала.

Правильность решения технических и экономических вопросов в этой области всецело зависит от точного учета энергетических ресурсов страны, ясного знания перспектив развития промышленности, сельского хозяйства, транспорта и т. д. и создания таких взаимоотношений между потребителем и производителем электроэнергии, которые позволяют достигнуть максимального эффекта в целом.

Для этого необходимы объединение и группировка потребителей в нужных сочетаниях, централизация производства энергии и соединение его с теплофикацией, а главное, широкое использование местных сырьевых и энергетических ресурсов.

Полное удовлетворение всех требований, выдвигаемых рационально организованной энергетики, возможно лишь при строго плановом развитии хозяйства, т. е. при обобществлении его.

Что мы имели в дореволюционной России?

Отсутствие какой-либо плановости, чрезвычайно слабая индустриальная база страны, в которой раздробленное сельское хозяйство преобладало над всеми остальными отраслями промышленности, — и все это резко отразилось на дореволюционной электроэнергетике.

Электроэнергетики в полном смысле этого слова — не существовало. Были раздробленные мелкие коммунальные и фабрично-заводские установки, кустарно эксплоатировавшиеся и работавшие с очень низким *КПД*. Как правило, станции сооружались для обслуживания лишь какого-либо одного предприятия или небольшой группы потребителей, расположенных в непосредственной близости от источника электроснабжения.

Естественно, что и вопросы топливоснабжения, передачи энергии на расстояние и прочие рассматривались владельцами станций исключительно с узко коммерческой точки зрения.

О технических качествах этих установок можно судить хотя бы по тому, что еще в 1913 г. все они лишь за незначительным исключением работали на привозном топливе, что среди механических двигателей станций около 75% составляли паровые машины, среди двигателей внутреннего сгорания преобладали простые нефтяники, среди гидравлических двигателей — водяные колеса.

В Москве, на самой крупной станции «Акц. о-ва электрического освещения 1886 г.» до 1910 г. стояли паровые машины в 1 000 *л. с.*, которые по своим габаритам свободно могли конкурировать с современной турбиной в 50 000 *квт*.

Главнейшими энергетическими центрами того времени являлись Петербург, Москва и Баку, т. е. районы с наиболее развитой индустрией. На всех десяти станциях этих городов было установлено в 1913 г. около 170 000 *квт*, т. е. примерно 16,5% суммарной мощности всех электрических станций России. Но даже и на этих наиболее мощных установках, которые лишь условно могут быть подведены под современное понятие о районных станциях, по существу отсутствовало централизованное снабжение энергией потребителей. Станции работали изолированно, отличаясь подчас основными электрическими параметрами. Так, например, до 1914 г. Москва снабжалась электроэнергией от двух станций — «Акц. о-ва электрического освещения 1886 г.» и «Трамвайной». Обе станции были трехфазного тока, первая имела напряжение 2,2 и 6,6 *кв*, при частоте 50 пер/ сек, вторая — 6,6 *кв* при 25 пер/сек. Параллельной работы станций не было.

В Москве и ее районах воздушная сеть отсутствовала. Кабельная сеть охватывала преимущественно центральную часть города и имела в 1911 г. суммарную протяженность в 680 *км*, а в 1917 г. — 1 584 *км* (в 1932 г. протяженность ее равнялась уже 3 700 *км*). Отпускная стоимость энергии составляла для освещения 50 коп/квч, и для промышленной нагрузки — 35 коп/квч. Правда, перед революцией тариф был несколько снижен, но все же оставался высоким.

Начало строительства собственно районных станций относится к 1914 г., когда в эксплоатацию вступила первая в России районная станция, использующая местное топливо и передающая энергию на дальнее расстояние. Этой станцией была «Электропередача» (ныне ГРЭС им. Классона) мощностью в 15 000 *квт*, сооруженная в Богородске и предназначавшаяся для покрытия возросшей нагрузки Москвы [1]. Построенная в связи с этим линия «Электропередача» — Москва и понизительная подстанция в конце ее — также являлись первым шагом в строительстве сетей дореволюционной России и параллельной работы станций.

До этого линии электропередачи с напряжением порядка 20 *кв* существовали лишь на нефтяных промыслах в Баку (с 1902 г.), на Брянских заводах и у ряда мелких установок в Донецком бассейне. Линия «Электропередача» — Москва имела к тому времени рекордные для России масштабы — напряжение 70 *кв* и длину 70 *км*. Технические качества ее были довольно высоки, линия была двухцепная, на металлических опорах, с проводами 70 *мм*^{2}, подвешенными на тарельчатых изоляторах.

Одновременно в районе станции была сооружена относительно разветвленная сеть 33 *кв*, распределявшая энергию по ряду фабрик и заводов.

Это была первая станция, которую можно отнести к типу районных. Дальнейшее строительство районных станций и сетей началось лишь после революции, на основе единого плана электрификации страны.

Однако уже тогда техническая общественность указывала на преимущества районных станций и громадные перспективы электрификации промышленности. На электротехнических съездах этого периода подчеркивалось, что районные станции должны играть решающую роль в развитии народного хозяйства и в бытовой обстановке городов. Но сооружению крупных электростанций и сетей препятствовали неимоверные трудности, связанные с получением концессий на эксплоатацию.

Характерно, что до революции в России не было ни одного крупного электротехнического завода, — все они сплошь были иностранного происхождения,

[1] Характерно, что передача энергии на расстояние для энергохозяйства того времени являлась столь новым делом, что это отразилось на названии станции.

Таблица 1

Рост мощностей на крупных станциях России за период с 1897 по 1917 г.

Годы / Станции	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1905	1906	1907	1908
1-я Московская им. Смидовича (б. О-ва 1886 г.)	3,68	3,68	4,42	4,42	6,5	6,5	10,5	10,5	12,5	18,5
2-я Московская (трамвайная)	—	—	—	—	—	—	—	—	6,0	6,0
Глуховская ЦЭС (Калинин)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,5
ГЭС им. Классона (Электропередача) .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Всего по МОГЭСУ .	3,68	3,68	4,42	4,42	6,5	6,5	10,5	10,5	18,5	26,0
1-я Ленинградская (б. О-ва 1886 г.) . .	—	3,5	3,5	3,5	3,5	4,3	6,3	6,3	8,3	11,3
2-я Ленинградская (б. „Гелиос“) . . .	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	7,0	7,0
3-я Ленинградская (б. Бельгийская) . .	—	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	9,18	9,18
4-я Ленинградская (трамвайная)	—	—	—	—	—	—	—	—	4,4	4,4
Всего по Электротоку (Ленинград)	5,25	13,65	13,65	13,65	13,65	14,45	16,45	16,45	28,90	31,90
ЦЭС „Красная звезда“ (Баку)	—	—	—	4,6	4,6	4,6	4,6	9,0	9,0	9,0
ЦЭС им. Красина (Баку)	—	—	—	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
ЦЭС Романы (Баку) . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Всего по Электротоку (Баку)	—	—	—	5,8	5,8	5,8	5,8	10,2	10,2	10,2
ЦЭС „Красная турбина“ (Грозный)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Всего станций районного значения . . .	2	4	4	6	6	6	6	6	8	9
Суммарная мощность *мвт*	8,93	17,33	18,07	24,00	26,00	26,80	33,00	37,00	57,60	63,70

Продолжение

Станции \ Годы	1909	1910	1911	1912	1913	1914	1915	1916	1917	
1-я Московская им. Смидовича (б. О-ва 1886 г.)	18,5	1[illegible],85	25,0	35,0	45,0	55,0	50,0	60,0	60,0	
2-я Московская (трамвайная)	9,0	12,0	12,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	
Глуховская ЦЭС (Калинин)	1,5	1,5	1,5	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	
ГЭС им. Классона (Электропередача)	—	—	—	—	—	15,0	15,0	15,0	15,0	
Всего по МОГЭС . .	29,0	32,35	38,5	56,8	66,8	91,8	86,8	96,8	96,8	
1-я Ленинградская (б. О-ва 1886 г.) . .	14,3	14,3	19,3	24,3	34,3	34,3	44,3	49,3	49,3	
2-я Ленинградская (б. „Гелиос“)	8,82	12,32	12,32	12,32	18,32	18,32	18,32	18,32	18,32	
3-я Ленинградская (б. Бельгийская)	12,18	12,18	16,68	21,18	14,96	14,96	14,96	14,96	14,96	
4-я Ленинградская (трамвайная)	4,4	4,4	4,4	9,4	9,4	9,4	9,4	16,9	16,9	
Всего по Электротоку (Ленинград)	39,7	43,2	52,7	67,2	76,98	77,00	86,98	99,50	99,50	
ЦЭС „Красная звезда“ (Баку)	13,0	17,0	17,0	17,0	21,5	36,5	36,5	35,0	35,0	
ЦЭС им. Красина (Баку)	1,2	1,8	1,8	1,8	1,8	9,8	9,8	9,8	9,8	
ЦЭС Романы (Баку) .	—	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	3,95	3,95	3,95	
Всего по Электротоку (Баку)	14,2	21,05	21,05	21,05	25,75	48,55	50,25	48,75	48,75	
ЦЭС „Красная турбина“ (Грозный)	—	—	—	—	—	3,6	3,6	3,6	3,6	
Всего станций районного значения . . .	9	10	10	10	10	12	12	12	12	
Суммарная мощность *мет*	82,90	96,60	112,20	145,00	169,33	217,30	224,03	245,00	245,00	

преимущественно германского, и в довоенное время их производственная деятельность неразрывно переплеталась с заграничными опорными пунктами. Неудивительно, что и большинство крупнейших станций того времени также находилось в руках иностранцев. В результате наследство, полученное советской властью, по статистике 1916 г. [1], сводилось к 250 станциям общественного пользования мощностью в 450—500 тыс. *л. с.*, с годовой выработкой около 1 млрд. *квтч.* и 5 500—6 000 частных станций, главным образом фабрично-заводских, общей мощностью 1,35—1,5 млн. *л. с.* Годовая выработка энергии по всем видам станций составляла 3,6—4,0 млрд. *квтч.* В 1916 г. в России существовало всего лишь 12 станций, которые можно было отнести к станциям районного значения.

Суммарная мощность стационарных первичных двигателей в том же году составляла 3,0 млн. *л. с.* Большинство установок было чрезвычайно изношено, устарелого типа и работало с очень низким *КПД*.

Рост мощностей на станциях районного значения до 1917 г. приведен в табл. 1.

2. План ГОЭЛРО

Послевоенная разруха резко ударила также и по электрическим станциям России. Годовая выработка в 1920 г. составляла лишь 0,5 млрд. *квтч.*

Первые конкретные мероприятия по созданию рациональной и технически обоснованной энергетики нашли свое выражение в плане ГОЭЛРО. В феврале 1920 г. была создана Государственная комиссия по электрификации России, разработавшая под руководством Г. М. Кржижановского и при самом близком участии В. И. Ленина перспективный план электрификации страны, имевший, помимо всего прочего, огромное политическое значение.

Нужно иметь в виду, что речь шла не просто о модернизации наших станций, а о том, чтобы «выравнять фронт нашей экономики с достижениями нашего политического уклада» [2]. План ГОЭЛРО представлял попытку дать в первом приближении набросок того, что Ленин называл «второй программой коммунистической партии», т. е. постепенного «перевода хозяйства страны, в том числе и земледелия, на новую техническую базу современного крупного производства, связанного прямо или косвенно с делом электрификации» (Сталин).

План ГОЭЛРО был утвержден в 1921 г. на VIII Всероссийском съезде советов. «В плане прежде всего демонстрировалась непосредственная зависимость топливоснабжения от электрификации. Рационализация топливного баланса наших индустриальных центров, уничтожение односторонней зависимости от дальнепривозного топлива путем использования местных топлив, например местных углей, торфа, сланцев и разнообразных продуктов лесных разработок,— все это было непосредственно увязано с ростом районных электрических централей. Все построение промышленности в свою очередь связывалось с необходимостью предварительного оздоровления ее топливной базы. Фронт сельского хозяйства имел непосредственную смычку с фронтом энергетики, потому что легко было показать и первейшую необходимость энергетического переворота в крестьянском сельскохозяйственном труде. Тогда же был сделан упор на тракторы и электрификацию сельского хозяйства, и одновременно отмечалась необходимость подъема в сторону производственного кооперирования крестьянского массива. Наконец, магистрализация транспорта с одновременной его электрификации охарактеризовывалась как основная линия транспортной реконструкции» [3].

Планом намечалось:

1. Разделение РСФСР на ряд районов в соответствии с их естественными ресурсами и намечающимся новым укладом планомерно обобществленного хозяйства.

[1] Акад. Г. М. Кржижановский, Введение к докладу Государственной комиссии по электрификации России VIII съезду советов.

[2] Акад. Г. М. Кржижановский, К десятилетию плана ГОЭЛРО, «Большевик» № 23—24, 1930.

[3] Сборник под редакцией акад. Г. М. Кржижановского «X лет ГОЭЛРО», 1931.

2. Полная централизация энергоснабжения.

3. Широкое использование местного топлива путем сжигания на месте в топках районных станций и передача энергии через мощные районные сети.

Конкретно план ГОЭЛРО намечал создание 8 электрифицированных районов, для чего предполагалось сооружение в течение 10—15 лет 30 районных станций суммарной мощностью в 1 500 000 *квт*. Из этого числа 25 станций сосредоточивались в Европейской части России, именно в районах Ленинградском, Северо-Западном, Центрально-Промышленном, в Донбассе, на Кавказе и на Северном Урале. В Азиатской части России на первое время намечалось всего лишь 8 станций.

В каждом районе планом предусматривалось сооружение мощных районных высоковольтных сетей, объединяющих станции на параллельную работу и передающих энергию к потребителям.

В районные сети предполагалось включить также фабрично-заводские установки, работающие на топливных отбросах, и теплоэлектроцентрали.

Одновременно с сооружением новых объектов план ГОЭЛРО намечал широкие рационализаторские работы по модернизации и расширению лучших из существовавших электрических станций, перевод их по возможности на местное топливо и включение в районную сеть для параллельной работы с остальными станциями.

3. Строительство ГРЭС в период 1918 — 1928 гг.

Фактическим началом выполнения плана ГОЭЛРО можно считать ввод в эксплоатацию в 1922 г. первой советской районной электростанции — Каширы, мощностью 12 000 *квт*, ее линии 110 *кв* и Кожуховской понизительной подстанции в Москве.

Строительство же первых советских районных станций началось в 1919 г. и протекало в условиях жесточайшей разрухи и кризисов топливного, продовольственного, транспортного, кадров и валюты, создавших почти непреодолимые препятствия.

Достаточно, например, указать, что в основное оборудование Шатуры-временной входили котлы системы «Ярроу», снятые со старого парохода, котлы Каширской ГРЭС были сняты с завода «Красный боевик» (Тамбов), одну из ее турбин везли через всю Сибирь из Владивостока, другую случайно удалось вывезти из Риги. Первые две машины Кизеловской станции были переброшены на Урал из дворцовой электростанции в Ораниенбауме.

О сооружении металлических опор для первой Каширской линии 110 *кв* из-за отсутствия фасонного железа не могло быть и речи. Опоры приходилось монтировать из лежалых, невыдержанных 16-аршинных сосновых столбов. Из-за недостатка изоляторов и значительного боя при транспорте число элементов пришлось снизить до 6, вместо запроектированных 7 элементов на гирлянду.

Вопрос о квалифицированных кадрах стоял столь остро, что в некоторых случаях переброска 1—2 монтеров или техников требовала непосредственного вмешательства В. И. Ленина.

В подобных условиях началось строительство Каширы, Волхова, Кизела и «Красного Октября».

Последующие стройки, хронологический порядок вступления в работу которых дает табл. 2, возникали уже в несоизмеримо лучших условиях.

Трудность создания энергетики в период, предшествовавший первой пятилетке, помимо ожесточенной классовой борьбы на этом фронте, заключалась также в отсутствии опыта строительства районных станций и — в основном — в отсутствии отечественного оборудования.

Вследствие этого на первых ГРЭС в сильной степени отразилось влияние иностранной техники. В этот период мы еще только осваивали иностранный опыт, не имея твердых принципиальных установок в отношении разработки

Таблица 2

Рост мощностей по станциям районного значения СССР за период с 1918 по 1928 г.

Станции \ Годы	1918	1919	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927	1 28
1-я МГЭС им. Смидовича	58,0	58,0	55,0	53,0	63,0	3,0	63,0	63,0	63,0	68,0	76,5
2-я МГЭС (трамвайная)	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	8,0	18,0	18,0	18,0	18,0	38,5
3-я МГРЭС им. Классона	15,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	36,0	36,0	36,0
4-я ГРЭС им. Ленина (Шатура)	—	—	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	32,0	48,0	92,0
5-я ГРЭС (Каширская)	—	—	—	—	12	12	12	12	12	12	12
Калининская ЦЭС (Глуховская)	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
Всего по МОГЭС	94,8	99,8	101,8	99,8	121,8	21,8	121,8	121,8	164,8	185,8	258,8
1-я ЛГЭС	49,3	49,3	49,3	46,3	46,3	16,3	46,3	46,3	35,0	65,0	55,0
2-я ЛГЭС	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	13,1	13,6	13,6	13,6
3-я ЛГЭС	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	12,7	12,7	12,7
4-я ЛГЭС	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9
5-я ЛГЭС („Красный Октябрь“)	—	—	—	—	—	10,0	10,0	10,0	20,0	20,0	20,0
6-я ЛГЭС (Волховская)	—	—	—	—	—	—	—	—	58,0	58,0	58,0
Всего по Электротоку (Ленинград)	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	109,5	109,5	101,2	166,1	186,1	186,1
ЦЭС „Красная звезда“	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	45	45	55,0	65,0	52,0	62,0
ЦЭС им. Красина	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9 8	9,8	13,8	23,8	23,8	23.8
ЦЭС Романы	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Всего по Электротоку (Баку)	48,8	48,8	48,8	58,8	58,8	58,8	58,8	72,8	92,8	89,8	89,8
ЦЭС „Красная турбина“ (Грозный)	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	7,4	7,4	7,4	7,4
ЦЭС „Красный Октябрь“ (Грозный)	—	—	—	—	—	—	—	—	1,05	1,05	1,05
ЦЭС „Красный дизель“ (Грозный)	—	—	—	—	—	—	—	0,9	0,9	0,9	0,9
Земо-Авчальская ГЭС	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13,0	13,0
Кизеловская ГРЭС	—	—	—	—	—	—	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Горьковская ГРЭС (НИГРЭС)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	20
ЯрГРЭС (Ляпинская)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8.0
Штеровская ГРЭС	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	20
Всего станций районного значения	12	12	12	12	13	14	15	15	17	20	21
Суммарная мощность (*мгвт*)	246,7	251,7	253,7	261,7	283,7	293,7	299,7	309,2	367	526	626

отдельных технических вопросов, обусловленных различными социальными условиями и взаимоотношениями между потребителями и производителем энергии, столь разнящими нашу энергетику от иностранной.

Большинство станций этого периода проектировалось и сооружалось при ближайшем участии иностранных фирм. Так, например, Шатурская ГРЭС была оборудована фирмой «Метро-Виккерс», Волховская ГРЭС — ASEA, Горьковская ГРЭС — AEG и т. д.

Этот краткий перечень иностранных фирм, участвовавших в строительстве ГРЭС, показывает, что на наших первых станциях неизбежно должно было отразиться влияние патентных соображений и разных направлений технической мысли и опыта многих фирм, представлявших к тому же различные государства с различной технической культурой.

Совершенно естественно, что в результате наши первые станции страдали излишней разнотипностью и отсутствием системы в своей компановке. Вследствие децентрализованности проектирования и различия в оборудовании целый ряд общих для всех станций принципиальных вопросов имел различные решения.

Однако наряду с этим участие иностранных фирм позволило нам обосновать свою энергетику на последних достижениях иностранной техники, благодаря чему первые очереди основных ГРЭС в их окончательном состоянии вполне отвечали требованиям, которые мировая техника предъявляла к сооружениям подобного рода.

Особо следует отметить ошибки планирования, в значительной части подготовленные вредителями и чрезвычайно болезненно отозвавшиеся на энергобалансе, условиях работы и дальнейшем росте первых ГРЭС и значительно снизившие их технические качества после дальнейшего расширения [1].

Бурный рост индустриализации страны, несмотря на ожесточенную борьбу, которую вели против нее наши классовые враги, привел в дальнейшем к тому, что большинство районных станций оказалось недостаточным по мощности ранее чем они вступили в работу и оборудование первых очередей ГРЭС пришлось значительно усиливать сейчас же вслед за окончанием их строительства.

Неправильная и, чаще, вредительская оценка перспектив роста потребителей электроэнергии, отмеченная выше, в свое время привела, с одной стороны, к нежелательному измельчению оборудования и, следовательно, к повышению стоимости строительства, а с другой — к задержке в снабжении потребителей энергией.

Напряженный энергобаланс многих систем потребовал совершенно недопустимого форсирования эксплоатации оборудования, угрожавшего бесперебойной работе станций.

Кроме того, преуменьшение предельных проектных мощностей, формировавших тип первых очередей станций как станций средней мощности, привело к тому, что они оказались неподготовленными к дальнейшему развитию. Планомерное расширение электростанций — явление вполне правильное и естественное, у наших же первых установок мы наблюдаем резкий, скачкообразный рост.

В особенно неблагоприятные условия в этом отношении были поставлены Горьковская ГРЭС, Каширская ГРЭС, Штеровская ГРЭС и др. Фактическое развитие этих станций во много раз превысило ту предельную плановую мощность, которая была положена в основу проектирования их первой очереди. В результате мы имеем, как это видно из табл. 3, ненормальное явление установки на каждой из этих ГРЭС почти всей шкалы стандартных генераторов, начиная с 6—10 *мгвт* и кончая 50 *мгвт* включительно. Показателен также пример

[1] В рассматриваемый период развития государственных районных электростанций деятельность вредителей была направлена к задержке нашего строительства путем навязывания минималистических темпов. Это осуществлялось прежде всего путем прямого вредительства в плановых организациях (см. об этом показания вредителя проф. Горева).

развития распределительного устройства Горьковской ГРЭС, которое по обилию разнотипного оборудования, накопившегося в процессе расширения, по справедливости может именоваться музеем станционной аппаратуры.

Таблица 3

Современное состояние некоторых ГРЭС, сооружавшихся до первой пятилетки

Наименование станций	Мощность агрегатов в мегаваттах, установленных в настоящее время на станции	Суммарная мощность (*мгвт*)	Проектная мощность (*мгвт*)
ГРЭС Каширская	$2\times6+1\times22+3\times50+1\times2$	186	100
ГРЭС Шатурская им. Ленина	$3\times16+3\times44$	180	80
ЛГЭС „Красный Октябрь“	$2\times10+(2\times44+2\times1{,}5)$	111	60
ГРЭС Кизеловская	$2\times3+2\times11+1\times24$	52	—
ГРЭС Штеровская	$2\times10+2\times22+2\times44$	152	100
ГРЭС Горьковская	$2\times10+2\times22+2\times24+2\times46$	204	100

Разнотипность и разнокалиберность оборудования, перманентные строительные и монтажные работы по расширению чрезвычайно неблагоприятно сказались также и на эксплоатации станций, значительно снизив надежность их работы.

4. Энергетическое строительство за первую пятилетку (1929—1932 гг.)

А. Характер строительства

Несмотря на отмеченное выше ожесточенное сопротивление классовых врагов, строительство электростанций в первую пятилетку по своим масштабам явилось по существу созданием новой послереволюционной электроэнергетики, так как все построенное в предшествовавший период, будучи выражено в абсолютных цифрах, не могло итти ни в какое сравнение с новым размахом электростроительства.

Вступление новых мощностей по станциям районного значения и станциям, работающим на районные сети, приведенное в табл. 4, показывает, что даже без учета обособленно работающих промышленных и коммунальных электростанций, энергетическая база страны развивалась в этот период чрезвычайно интенсивно.

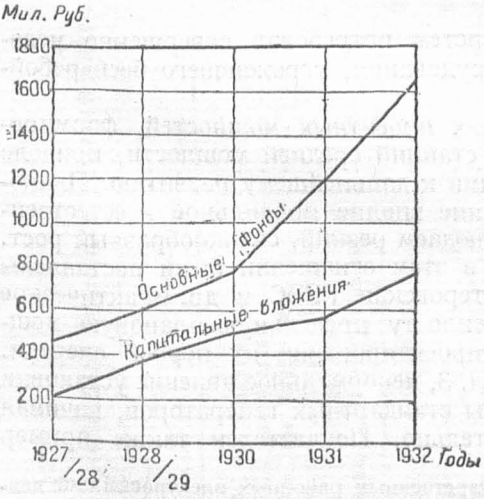


Рис. 1. Капиталовложения и основные фонды электростанции СССР.

Кривые капиталовложений в строительство районных станций и роста их суммарной мощности, приведенные на рис. 1 и 2, наглядно иллюстрируют это положение. Характерно, что они имеют значительное повышение роста вслед за 1930 г., когда были ликвидированы главные силы вредителей.

Вместе с общим ростом электростроительства в 1930 г. мы подходим вплотную к осуществлению идей, заложенных в плане ГОЭЛРО. Как видно на рис. 2, с этого периода доминирующая роль в электроснабжении начинает переходить к районным станциям. В подавляющем большинстве случаев это станции, построенные

Таблица 4

Рост мощностей по станциям районного значения и станциям, работающим на районные сети, по СССР за период с 1929 по 1933 г.

Станции \ Годы	1929	1930	1931	1932	1933
Архангельская ЦЭС	—	—	9,6	16,4	16,4
Кондопожская ЦЭС	—	—	4,5	4,5	4,5
1-я ЛГЭС	65	65	65	65	65
2-я ЛГЭС	11,75	6,5	54,5	54,5	66,5
3-я ЛГЭС (ТЭЦ)	12,68	14,68	14,68	14,0	14,0
4-я ЛГЭС (трамвайная)	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9
5-я ЛГЭС „Красный Октябрь“	65,6	111,0	111,0	111,0	111,0
6-я ЛГЭС (Волховская)	58	58	58	58	66
8-я ЛГЭС (Дубровская)	—	—	—	—	100
9-я ЛГЭС (Свирская)	—	—	—	—	48
1-я МГЭС им. Смидовича	90	90	107,5	107,5	119,5
2-я МГЭС (трамвайная)	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5
3-я МГЭС им. Классона	36	46	46	46	46
4-я МГЭС им. Ленина (Шатурская)	92	136	136	136	180
5-я МГЭС (Каширская)	12	36	136	186	186
Орехово-Зуевская ТЭЦ	—	—	8,6	8,6	12,6
Калининская ЦЭС (Глуховская)	3,8	3,8	3,8	5,0	5,0
Калининская ТЭЦ	—	—	4,0	10,0	10,0
Теплоэлектроцентрали ВТИ (Москва)	—	—	—	3,6	15,6
ГорГРЭС (НИГРЭС)	42	64	158	158	204
ЯрГРЭС (Ляпинская)	8,0	8,0	30	36	36
ИвГРЭС	—	3,0	75	75	75
ИвТЭЦ	—	—	14	14	14
Владимирская ТЭЦ	—	—	3,5	3,5	3,5
Самарская ГРЭС	—	5,8	15,2	15,2	15,2
Саратовская ГРЭС	—	10,5	22,5	22,5	22,5
Воронежская ГРЭС	—	—	—	24	24
Казанская ТЭЦ	—	—	—	—	20
Сталинградская ГРЭС	—	27	51	51	51
Брянская ГРЭС	—	—	22	22	22
БелГРЭС	—	10	20	20	20
Новосибирская ТЭЦ	—	—	5,5	5,5	11,5
ЧелябГРЭС	—	27	75	99	123
Свердловская ГЭС	—	11	11	11	11
Кизеловская ГРЭС	6	6	28	28	52
Егоршинская ГЭС	—	—	10,5	10,5	25,0
Пермская (ГЭС/ТЭЦ)	—	—	4,6	8,6	8,0
Кузнецкая ГЭС	—	—	12,0	36	60
Магнитогорская ЦЭС	—	—	36,0	48	98
Березниковская ЦЭС	—	—	36,0	83	83
1-я Харьковская ГЭС	—	23,2	23,2	23,2	28,2
2-я Харьковская ГЭС (Чугуевская)	—	45,5	45,5	45,5	45,5
Криворожская РЭС	—	22	22	22	46,0
Дзержинская РЭС	—	—	24	24	48
ДнепроГЭС	—	—	—	310	434
ШтерГРЭС	20	64	157	152	152
Зуевская ГРЭС	—	—	150	150	150
СевдонГРЭС (Донсода)	—	29	51	51	73
Промстанции Донбасса	15,9	83,5	129,0	129,0	83,2
ГРЭС им. Артема	44,0	44,0	44,0	66,0	90,0
Власовская ЦЭС	11,0	11,0	11,0	11,0	9,0
1-я (ГЭС/ТЭЦ), Ростов	11,2	11,2	11,2	10,1	7,3
ЦЭС Сталь (Таганрог)	—	—	8,0	8,0	8,0
Новороссийская РЭС	—	20	20	20	20
Краснодарская ГЭС	—	—	11	11	11
ЦЭС „Красная турбина“ (Грозный)	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4

Продолжение

Станции \ Годы	1929	1930	1931	1932	1933
ЦЭС „Красный Октябрь" (Грозный) . . .	1,05	1,05	—	—	—
ЦЭС „Красный дизель" (Грозный)	0,9	—	—	—	—
ЦЭС „Красная звезда" (Баку)	82	82	89,6	89,6	85
ЦЭС им. Красина (Баку)	18	18	18	42	67,6
ЗАГЭС	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
РионГЭС	—	—	—	—	24
ДзораГЭС	—	—	—	—	15
Кадырвинская РЭС	—	—	—	—	13
Всего станций районного значения . . .	20	32	45	47	53
Суммарная мощность их (мегаватт) . . .	938	1 419	2 375	2 988	3 666

на месте добычи дешевых сортов топлива, передающие свою энергию к месту потребления линиями высокого напряжения. Развивающиеся одновременно высоковольтные сети, кроме взаимного объединения районных станций, дают возможность рационального использования менее экономичных местных станций при параллельной работе их вместе с РЭС на общий график объединения.

Характерным для этого периода является создание совершенно новых энергетических районов (Магнитогорск, Кузнецк, Днепрокомбинат, Челябинск и др., см. табл. 4.), в которых районные электростанции и потребители возникали одновременно, образуя единое органическое целое. Те и другие, будучи подчинены одному центру, регулирующему сочетание, взаимоотношения и дальнейшее развитие станций и потребителей, находились в наиболее благоприятных условиях для организации рационального энергохозяйства.

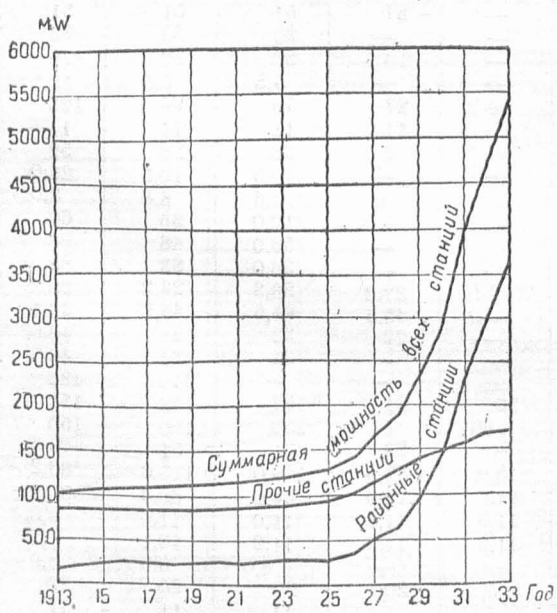


Рис. 2. Динамика роста мощности электростанций СССР.

Будучи технически сильнее, мы могли теперь уже более уверенно подойти к выполнению намеченной программы. В нашем активе уже был опыт проектирования, строительства и эксплоатации районных электростанций, позволявший не только корректировать достижения и образцы иностранной техники, но и давать свои оригинальные решения, соответствующие нашим условиям.

В. Вопросы оборудования и проектирования

Базировать наше энергостроительство возможно было лишь на отечественном оборудовании, так как иначе — не говоря уже о затрате ценной валюты — оно было бы подчинено всякого рода случайностям, связанным с внешнеполитическим положением

СССР, и, кроме того, электроэнергетика не могла бы быть приведена в строгую систему, возможную лишь при унифицированном оборудовании. В связи с этим в первые же годы пятилетки идет форсированное развитие союзной электротехнической промышленности, строившей свое производство на освоении лучших образцов иностранной техники. С этой целью у целого ряда иностранных фирм закупаются патенты и заключаются договоры на техническую помощь. В результате такие заводы, как «Электросила», «Электрозавод», «Электроаппарат», «Севкабель» и др., превращаются в мощные базы, заменяющие импорт и питающие строительство нашей электроэнергетики аппаратурой и оборудованием.

Рационально организованное энергохозяйство возможно лишь при предельной унификации и сокращении типов отдельных его элементов. Это же требование выдвигали и жесткие сроки выполнения программы индустриализации страны, и историческая необходимость «догнать и перегнать» наше капиталистическое окружение.

В 1926 г. организуется комитет по стандартизации при Совете труда и обороны (СТО), который выпускает, в частности, первые стандарты напряжений электрических установок (ОСТ 569) и параметров трансформаторов мощностью до 2,4 *мва* на напряжение до 35 *кв* (ОСТ 713). В 1930 г. при Энергоцентре (теперь Главэнерго) организуется специальная комиссия под председательством проф. Л. И. Сиротинского, которая проделывает большую работу по стандартизации и типизации основных параметров нового электрооборудования, производство которого начинало ставиться на союзных заводах (мощных генераторов, мощных высоковольтных трансформаторов, моторов собственных нужд станций, высоковольтной аппаратуры), и по корректировке выпущенных ранее, первых, стандартов, в частности, стандарта напряжений электрических сетей.

При решении этой задачи были учтены, с одной стороны, потребности, выявленные проектирующими и эксплоатирующими организациями, и с другой — производственные возможности заводов ВЭО. В этом же отношении были пересмотрены и уже выпускаемые заводами, освоенные ранее типы электрооборудования. Работа комиссии Энергоцентра ставила предел разнотипности оборудования и учитывала одновременно все особенности наших условий. В результате уже в период первой пятилетки мы имеем стандартизованные типы трансформаторов (ОСТ 4815), генераторов, турбин и т. д.

Для рационального использования имевшегося опыта проектирования районных станций и сетей, для достижения единства методов проектирования и концентрации опыта, долженствовавшего накопиться в процессе дальнейшей работы, проектирование электрических систем было сосредоточено в небольшом количестве организаций (Энергострой, Гидроэлектрстрой и Электрострой ВЭО).

Благодаря этому — хотя первые электростанции, запроектированные этими организациями, еще сохранили излишнюю разнотипность — ряд основных принципиальных вопросов получил общее решение, и во всяком случае отдельные детали были типизированы.

По мере развертывания строительства проектирование все более и более усложнялось вследствие роста установленной мощности станций и их отдельных агрегатов, а также вследствие усложнения электросистем, в которых эти станции должны были работать.

Перед проектировщиками со всей остротой встал целый ряд вопросов, представлявших ранее лишь академический интерес. Глубокая проработка каждой станции требовала много трудов, времени и кадров. Наряду с этим правильное размещение новых мощностей ставило вопрос о необходимости составления проектов энергосистем в целом для выбора наивыгоднейшего варианта сооружения новых станций, примерно эквивалентных по своим экономическим показателям и топливым базам, благодаря чему количество прорабатываемых проектов станций могло превышать число сооружений. Все это вместе взятое требовало коренной рационализации проектирования.

Ограниченная шкала мощностей генераторов и стандартных напряжений, а также тождественность условий работы подавляющего большинства районных станций давали полную возможность разбить их на ряд типов с тем, чтобы, углубленно проработав их один раз, дать общие решения для всех станций, принадлежащих к данному типу. Больше того, типизация районных станций и подстанций позволяла стандартизировать их схемы коммутации, конструкции распределительных устройств и отдельные мелкие детали и свести, таким образом, проектирование к комбинированию стандартов в пределах данного типа.

Это же положение отвечало и основным требованиям, выдвигаемым рационально организованным энергохозяйством, так как типизация и стандартизация являются основными условиями четкого построения и взаимного резервирования отдельных элементов электрической системы.

Поэтому, если в начале первой пятилетки наблюдается, так сказать, «индивидуализация» станций, то со второй половины ее проектирование ведется уже с более или менее широким применением типизации и стандартизации.

К сожалению, приходится констатировать, что и в первую пятилетку эта работа не получила еще должной оценки и не была поднята на должную высоту. Подобно машиностроительным и другим стандартам, типовые и стандартные решения в области построения районных станций, подстанций и сетей хотя бы частично должны были быть введены в ОСТ как обязательные для всех проектирующих и строящих организаций. Но мы не имеем этого и до настоящего времени. Если мы и наблюдаем сейчас некоторую унификацию тепловых электростанций, то это объясняется только тем, что в основном проектирование их было сосредоточено в одной организации (Энергострое, позже реорганизованном в Теплоэлектропроект), где были проработаны соответствующие типовые решения компановки станций.

II. Развитие схем коммутации районных станций

1. Характеристика ГРЭС периода 1919—1928 гг.

Работа районных станций в период, предшествовавший первой пятилетке, как это видно хотя бы из табл. 2, показывающей состояние ГРЭС на 1926 г., а также из рис. 3, протекала в относительно простых условиях. Отсутствовали сложные сети, передача энергии характеризовалась десятками километров, десятками мегаватт, напряжение не превосходило 110 *кв*. Преобладающая мощность генераторных единиц составляла 10—16 *мгвт*. Разрывная мощность масляных выключателей 6—10 *кв* исчислялась первыми сотнями мегавольтампер и на 100 *кв* не превосходила 1 000 *мгва*. Преобладающим и достаточным типом защиты сетей являлись максимальные реле и реле мощности. Расход мощности на собственные нужды станций лежал в пределах 1—2 *мгвт*.

Вопросы выключения токов короткого замыкания не имели большой остроты, и ограничение их решалось главным образом в плоскости увеличения реактансов генераторов и трансформаторов, а также увеличением времени выдержки реле и применением ограничителей тока, размагничивавших машину при возникновении короткого.

Вопросы регулирования напряжения и реактивных мощностей остро не стояли и поэтому не были подняты на достаточную высоту. Трансформаторы, регулируемые под нагрузкой, в рассматриваемый период еще не существовали.

Нарушения устойчивости параллельной работы станций в сетях того периода не давали себя остро чувствовать, и сама теория этого вопроса еще только разрабатывалась американскими электриками.

Естественно, что построение схем станций не вызывало с этой стороны каких-либо затруднений и требовало минимума коммутационной аппаратуры. Если на современные схемы станций основное влияние оказывают явления, связанные с параллельной работой большого количества генераторов значительной мощ-

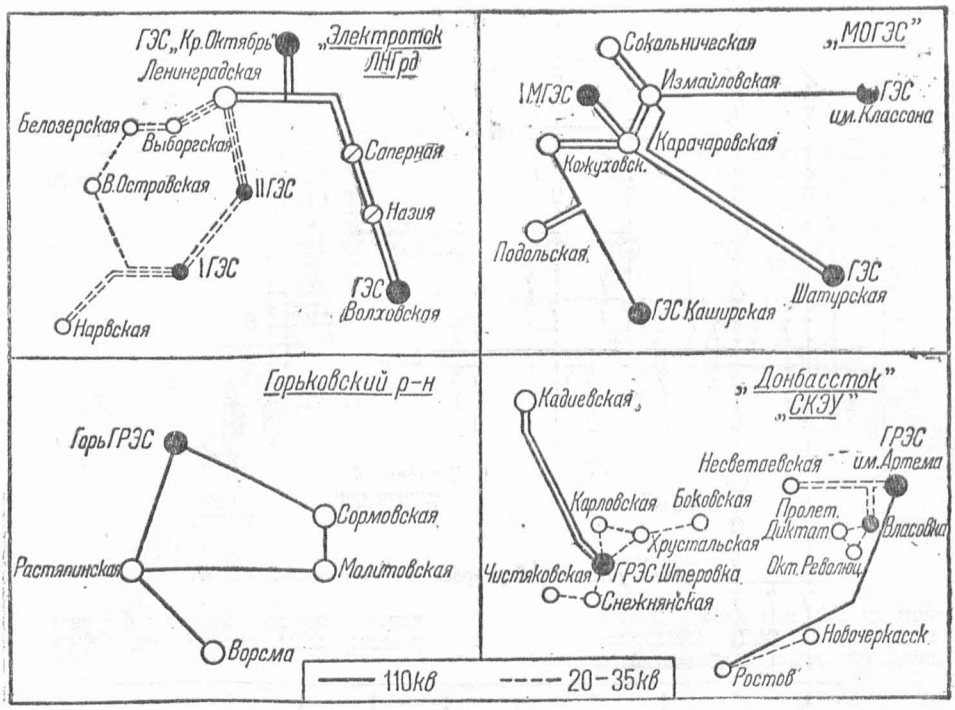


Рис. 3. Сети некоторых районных станций по состоянию на 1 января 1930 г.

ности, то на схемы того периода основной отпечаток наложил напряженный энергобаланс районов, питаемых станциями.

В части схем наши первые районные станции могут быть подразделены на два типа:

1. Станции, отдающие свою мощность и на повышенном и на генераторном напряжениях, — Горьковская, Ивановская, Кизеловская ГРЭС.

2. Станции, отдающие всю свою мощность только на повышенном напряжении, — Шатурская, Штеровская, Волховская ГРЭС, ГРЭС, им. Артема.

Характерным для схем станций обоих типов этого периода является обязательное наличие более или менее развитых шин генераторного напряжения, служивших для станций первого типа рабочими и для второго — переключательными.

А. Схемы ГРЭС первого типа

В тех случаях, когда станция отдавала свою мощность и на генераторном, и на повышенном напряжении, нужна была одинаковая надежность снабжения как близлежащих, так и удаленных от данной станции потребителей, иногда же, в соответствии с местными условиями, для удаленных даже большая, чем для снабжаемых при генераторном напряжении. Это станет понятным, если учесть слабо развитую параллельную, а в ряде случаев даже вовсе изолированную работу станций, отсутствие необходимого резерва и сплошь и рядом существовавшую необходимость покрытия пиков нагрузочного графика всей установленной мощностью.

Все это вместе взятое вызывало необходимость строить схему станции так, чтобы сохранялась полная возможность переброски машин с одного напряжения на другое, т. е. расставлять их на самой станции, сообразуясь с требованиями текущего момента, вытекающими из графика нагрузки. Благодаря этому в

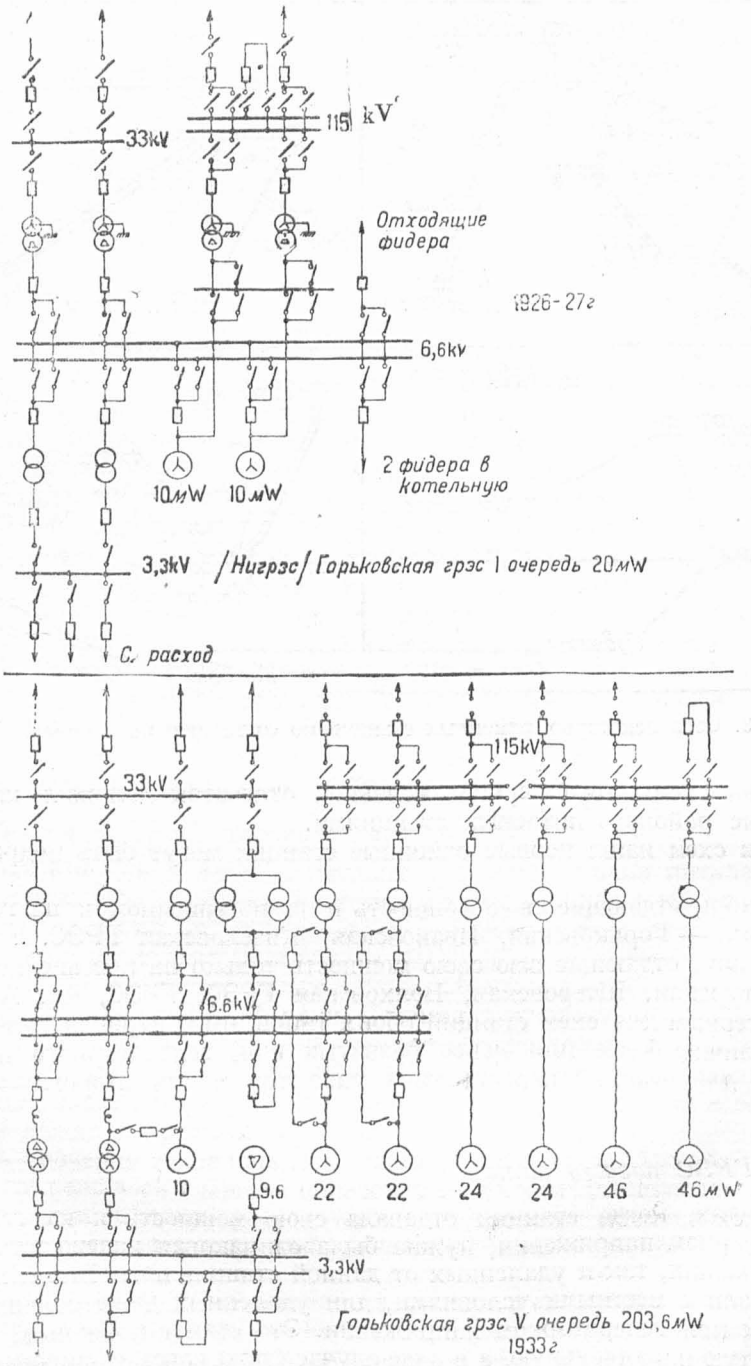


Рис. 4. Схемы отдельных этапов развития Горьковской ГРЭС.

рассматриваемый период получили распространение схемы комбинированного включения генераторов.

По этой схеме генератор через масляный выключатель присоединялся к главным шинам, но одновременно с этим предусматривались обходные пути,

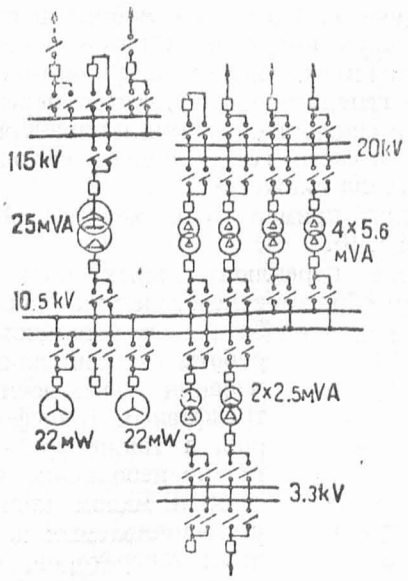


Рис. 5. Схема первой очереди ГРЭС им. Артема 1928—1929 гг.

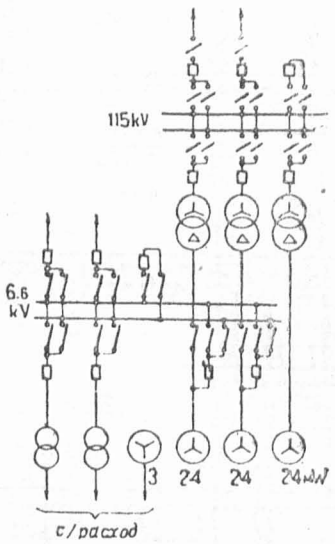


Рис. 6. Схема ИвГРЭС по проекту 1929—1930 гг. для установленной мощности 75 *мгвт*.

позволявшие включать генератор непосредственно на равномощный ему повысительный трансформатор, минуя шины генераторного напряжения. Это включение имело, например, то преимущество, что генератор, выделенный исключительно для питания района, в большей или меньшей степени освобождался от аварийных режимов на шинах генераторного напряжения, и обратно.

Второй особенностью схем являлась обязательная установка двух типов повысительных трансформаторов в тех случаях, когда мощность отдавалась на двух повышенных напряжениях. Это было необходимо из-за отсутствия трехобмоточных трансформаторов, появившихся с Союзе лишь с 1929—1930 гг.

Характерные примеры подобных схем дают станции НиГРЭС (ныне Горьковская), ГРЭС им. Артема (рис. 4 и 5) и, например, даже схема Ивановской ГРЭС (рис. 6) более позднего происхождения.

В. Схемы станций второго типа

Схемы станций, отдающих всю мощность на повышенном напряжении, разнятся от современных в целом ряде принципиальных моментов. Основным из них является применение переключательных шин генераторного напряжения для перекрестного резервирования генераторов и трансформаторов путем перключения их через эти шины. Эта тенденция ясно видна в схемах Каширской и Штеровской ГРЭС того времени, приведенных на рис. 7 и 8.

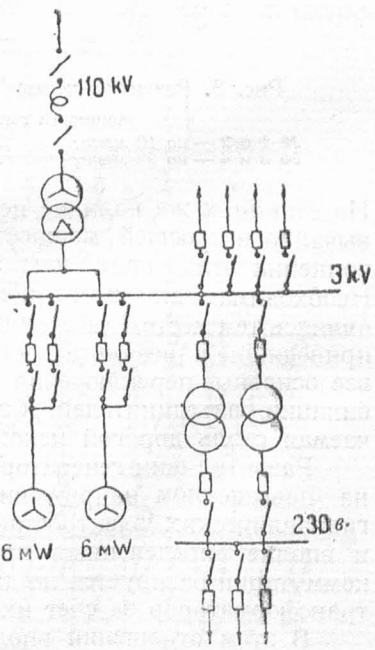


Рис. 7. Схема Каширской ГРЭС 1921—1922 гг.

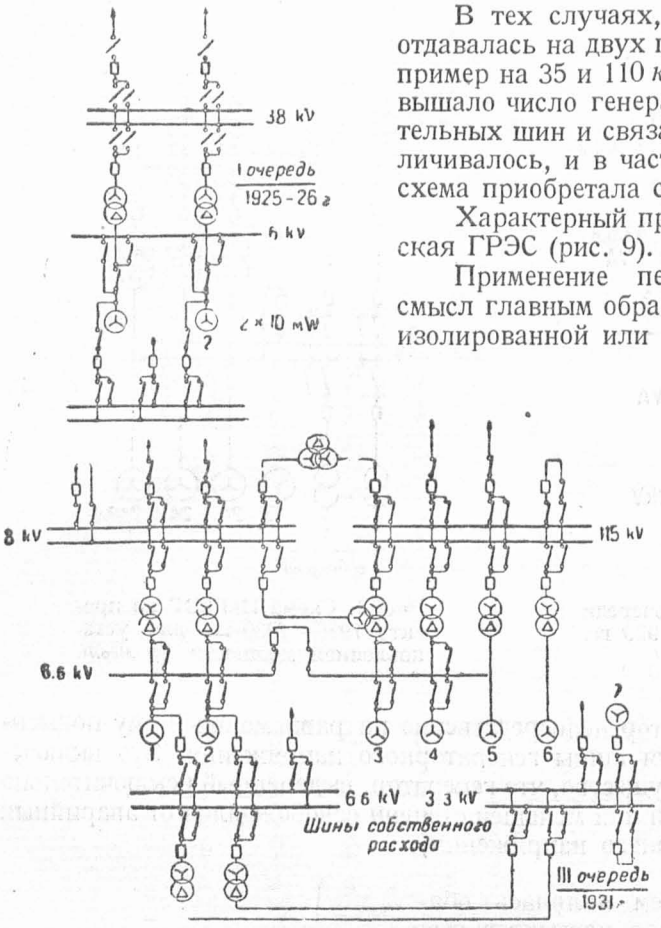


Рис. 8. Развитие схемы Штеровской ГРЭС.

Мощности генераторов:

№ 1 и 2 — по 10 *мгвт*; № 5 и 6 — по 44 *мгвт*;
№ 3 и 4 — по 22 *мгвт*; № 7 — 5 *мгвт*.

В тех случаях, когда вся мощность станции отдавалась на двух повышенных напряжениях, например на 35 и 110 *кв*, число трансформаторов превышало число генераторов, количество переключательных шин и связанной с ними аппаратуры увеличивалось, и в части генераторного напряжения схема приобретала сложный вид.

Характерный пример такой схемы дает Шатурская ГРЭС (рис. 9).

Применение переключательных шин имело смысл главным образом вследствие уже отмеченной изолированной или слабо развитой параллельной работы станций из-за применения исключительно трехфазных трансформаторов, а также при относительно небольших мощностях и малом количестве устанавливаемых на станциях генераторов, наряду с напряженным балансом покрытия нагрузок.

Современные принципы проектирования районных электросистем не обусловливают категорической необходимости снижать до абсолютного технически возможного минимума срок простоя отдельных элементов агрегата генератор — трансформатор при любых повреждениях в них, так как система имеет на нескольких объединяемых ею станциях необходимый горячий (крутящийся) резерв. На станциях же наличие переключательных шин нежелательно благодаря чрезвычайно возросшей мощности генераторов в особенности в таком сложном выполнении этих шин, как это имеет место на Шатурской ГРЭС (см. рис. 9). Необходимая для этого обильная многоамперная аппаратура ослабляет схему, являясь тем местом на станции, в котором легче всего возникают повреждения, приводящие в результате к простою агрегатов. Последнее тем более вероятно, что все основные переключения выполняются в этих схемах с помощью сложной комбинации разъединителей. К этому необходимо добавить, что гибкость схемы, получаемая столь дорогой ценой, полностью реализуется лишь в редких случаях.

Развитие шин генераторного напряжения при отдаче всей мощности станции на повышенном напряжении можно наблюдать и ныне, но преимущественно у гидравлических электростанций с большим числом маломощных генераторов и вполне определенным пределом расширения. Однако применение подобной коммутации базируется на других соображениях, а именно, на сокращении числа трансформаторов за счет их укрупнения.

В этом отношении вполне современна и логична схема Волховской ГРЭС (рис. 10). Наличие системы шин генераторного напряжения позволило здесь увеличить мощность трансформаторов до 35,1 *мгва* в группе и сократить число

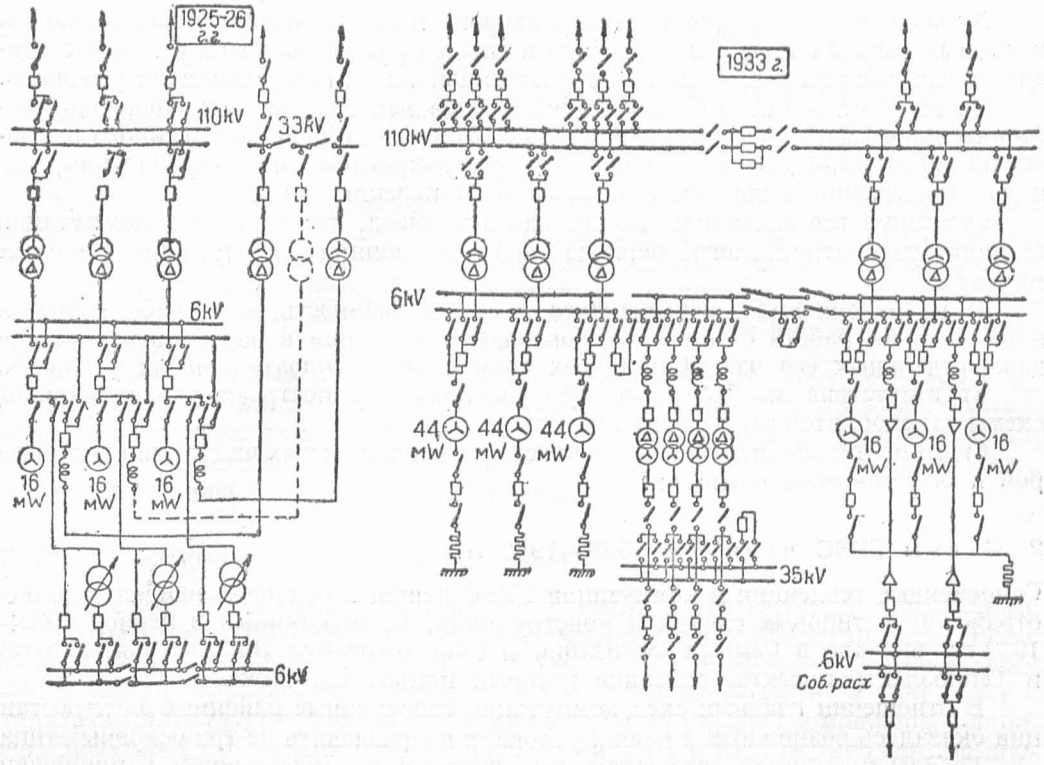


Рис. 9. Развитие схемы Шатурской ГРЭС им. В. И. Ленина.

их до трех, включая и резерв. Подстанция 110 *кв* по количеству ячеек получилась вследствие этого довольно компактной, что очень существенно в условиях гидроэлектростанций с их обычным ограничением площади для размещения электроаппаратуры. Если учесть еще, что в то время подстанции 110 *кв* сооружались закрытого типа, то принятую для Волховской ГРЭС схему коммутации следует признать исключительно экономически оправданной. Вполне отвечает современным принципиальным установкам и секционирование шин генераторного напряжения через реактор, и связь их междусекционным масляным выключателем. Однако и на этой станции проскальзывает известная инертность технической мысли. Так, несмотря на установку однофазных трансформаторов, к ним, по аналогии с трехфазным резервом, вместо одной запасной фазы, хотя бы даже и с двумя джемперными соединениями на обоих напряжениях, предусмотрена, однако, целая группа, включенная на обе секции под развилку.

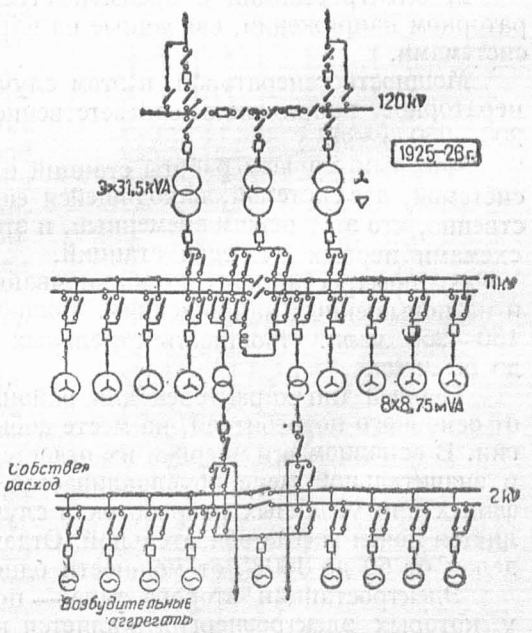


Рис. 10. Схема Волховской ГРЭС 1925—1926 гг.

Характерна также для рассматриваемого периода чрезвычайная экономия масляных выключателей, сказавшаяся в отказе от установки хотя бы шиносоединительных масляников, — деталь свойственная почти всем схемам того периода.

Ныне, в условиях работы станций в сложных системах, наличие шиносоединительного масляного выключателя, особенно на стороне повышенного напряжения, абсолютно необходимо как для резервирования и синхронизации, так и для повышения надежности всякого рода переключений.

Суммируя все сказанное, можно сделать вывод, что на схемы коммутации станций рассматриваемого периода оказали влияние следующие основные моменты:

a) напряженность энергобаланса и изолированность или слабо развитая параллельная работа станций, требовавшие сохранения в работе агрегата или даже отдельных его частей при всех возможных эксплоатационных условиях;

b) отсутствие необходимого оборудования для построения рациональной схемы (трехобмоточные трансформаторы);

c) относительно невысокая мощность устанавливаемых на станции генераторов и ограниченное число их.

2. Схемы ГРЭС периода 1928—1932 гг.

Современные тенденции в коммутации ГРЭС нашли в основном наиболее полное отражение в типовых схемах и конструкциях, разработанных в период 1930—1932 гг. вначале в Секторе типизации и стандартизации Энергостроя, а затем в Теплоэлектропроекте, описание которых приводится ниже.

В отношении главных схем коммутации современные районные электростанции оказалось возможным в наших условиях подразделить на три основных типа:

1) Электростанции, отдающие всю энергию на повышенном напряжении, обычно 35—110 *кв*, у которых отсутствуют потребители генераторного напряжения.

Мощность генераторов у этих станций обычно равна 25—50 *мгвт*. Их суммарная предельная мощность — порядка 250—300 *мгвт*.

2) Электростанции с преимущественным распределением энергии на генераторном напряжении, связанные на параллельную работу с мощными силовыми системами.

Мощность генераторов в этом случае также составляет 25—50 *мгвт*, и генераторное напряжение соответственно 6,3—10,5 *кв*. Предельная мощность—200—250 *мгвт*.

Частным случаем работы станций второго типа является связь не с мощной системой, а с системой, находящейся еще только в периоде возникновения. Естественно, что этот режим временный, и это учитывается соответствующим образом схемами первых очередей станций.

3) Электростанции с комбинированной отдачей энергии и на генераторном, и на повышенных напряжениях. Мощность подобных станций лежит в пределах 150—250 *мгвт*. Мощность отдельных генераторных единиц колеблется от 10 до 50 *мгвт*.

Первый тип характерен для районных электростанций, сооруженных вдали от основного потребителя, на месте добычи топлива или у источников гидроэнергии. В основном вся энергия их отдается в сеть высшего напряжения. Сеть 35 *кв* в значительной мере обусловливается снабжением близлежащего района торфяных или угольных разработок в случае тепловых станций и у последних является почти всегда обязательной. Отдача на этом напряжении колеблется в пределах от 50 до 100% от мощности одного генератора.

Электростанции второго типа — почти как правило теплоэлектроцентрали, у которых электроэнергия является как бы побочным продуктом. Поскольку радиус действия тепловых сетей невелик, сооружение мощных теплоэлектро-

централей сопровождается обычно наличием очень большой плотности и электронагрузки в непосредственной близости от станции, чем и объясняется преимущественное распределение электроэнергии теплоэлектроцентралей на генераторном напряжении. Рассмотренные типы районных электростанций соответствуют основным нашим направлениям в сооружении современных мощных электрических установок.

Третий тип, очень ограниченный, комплектуется преимущественно из ранее выполненных и расширенных электростанций, или станций первых лет пятилетки. При сооружении их учитывалось преимущество расположения электростанций вблизи потребителей, но в связи с отсутствием других источников снабжения района энергией, они имели также высоковольтные сети для питания удаленных нагрузок.

К особой категории относится у нас тип сверхмощных электростанций мощностью 400—500 *мгвт* и выше, оборудованных агрегатами 50—75 *мгвт*. Коммутация этих станций, тесно связанная с коммутацией всей электросистемы в целом, представляет наибольшие трудности и к настоящему времени не может быть еще подведена под строго типовые решения.

А. Схемы коммутации ГРЭС первого типа

Вся мощность районных станций первого типа, в соответствии с условиями их работы, коммутируется на повышенном напряжении. Типовая схема такой станции была опубликована в 1932 г. проф. А. Я. Рябковым, возглавлявшим работу группы главных схем станций упомянутого выше Сектора типизации и стандартизации Энергостроя. В Союзе по типу таких станций выполнена, например, Зуевская ГРЭС, схема которой дана на рис. 11, и запроектирован ряд других станций (1-я Среднеуральская, Несветаевская и др.).

Каждый генератор такой станции соединяется с равномощным повысительным трансформатором, образуя с ним единое целое. Наличие двух повышенных напряжений определяет иногда соединение первых двух генераторов с трехобмоточными трансформаторами 10/35/110 *кв*. Так как в рассматриваемом типе станции главным потребителем является районная сеть 110 *кв*, регулирование напряжения на зажимах генераторов определяется режимом на шинах 110 *кв* и возможно в широких пределах. Регулирование напряжения в сети 35 *кв*, имеющей свой самостоятельный режим, осуществляется или на самой ГРЭС, для чего устанавливаемые на ней трехобмоточные трансформаторы выполняются с регулированием напряжения под нагрузкой на стороне 35 *кв* (см. схему Зуевской ГРЭС, рис. 11), или же производится непосредственно у потребителей с помощью также регулируемых понизительных трансформаторов. Выбор того или иного метода каждый раз зависит от конкретных местных условий. В последнее время предпочтение отдается второму способу как наиболее гибкому.

У станций же относительно небольшой мощности, но коммутируемых подобным образом, т. е. имеющих трехобмоточные трансформаторы, регулировка напряжения на них почти всегда необходима,

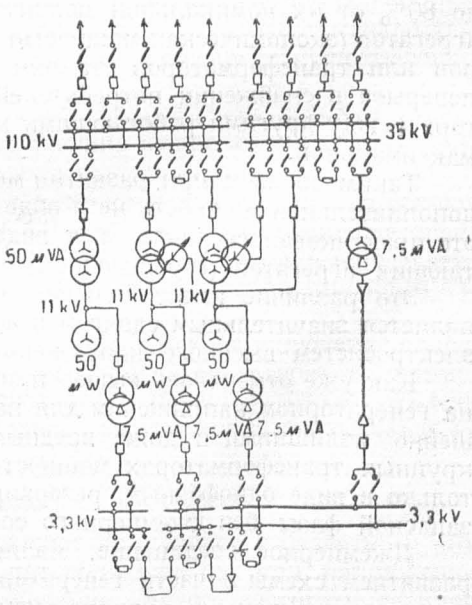


Рис. 11. Схема Зуевской ГРЭС 1931 г.

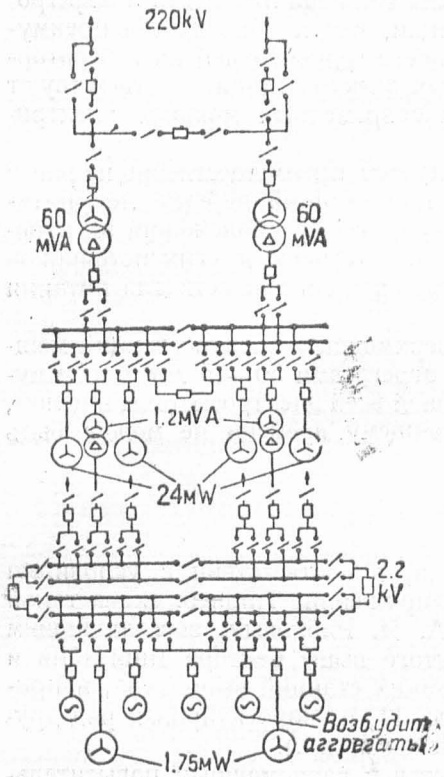


Рис. 12. Свирская ГРЭС (схема полного развития).

поскольку рост нагрузок района, питаемого от шин 35 *кв*, или случаи аварий и ревизий генераторов, могут приводить к реверсивной работе обмоток 110 *кв* трехобмоточных трансформаторов.

Разрывная мощность масляных выключателей этих ГРЭС колеблется в пределах 1 500—2 500 *мгва* на шинах 110 *кв* и 350—750 *мгва* на шинах 35 *кв*.

В тех случаях, когда в силу условий параллельной работы станций расчетные токи короткого замыкания на районных понизительных подстанциях сети ГРЭС превышают разрывные мощности типовых масляных выключателей 110 *кв* или выходят за пределы 2 500 *мгва* на шинах 110 *кв* самой станции, схема последней видоизменяется.

С подобным случаем мы сталкиваемся на той же Зуевской ГРЭС при ее расширении в связи с ростом сети 110 *кв* Донбасса.

Для ограничения токов короткого замыкания шины 110 киловольт станции секционируются, и отдельные секции соединяются между собой или через секционные реакторы, или через регулируемые трансформаторы с коэфициентом трансформации 1 : 1. Выбор типа связи обусловливается схемой коммутации сети.

Работа такой современной станции, в системе других ей подобных, в отличие от наших первых ГРЭС, в конечном счете представляется следующим образом.

Все генераторы являются рабочими, но загружены нормально примерно до 80% от их номинальной мощности, что соответствует максимальному к. п. д. агрегатов (экономическая мощность). В случае аварии с одним из турбогенераторов или трансформаторов станции в системе всегда имеется возможность без перерыва в снабжении потребителей распределить нагрузку аварийного генератора между другими работающими машинами за счет доведения их загрузки до максимальной.

Таким образом при развитии мощных систем резервом для станций является дополнительная мощность не в виде стоящего агрегата («холодный резерв»), как это практиковалось ранее, а в виде мощности, которую можно снять с работающих агрегатов («вращающийся резерв» системы).

Это различие имеет большое практическое и принципиальное значение и является значительным сдвигом в деле организации рациональной эксплоатации электросистем высокого напряжения.

Как уже отмечалось выше, применявшиеся ранее переключательные шины на генераторном напряжении для наших современных ГРЭС признаются совершенно излишними и даже вредными. В данном случае, когда речь идет о крупных трансформаторах мощностью порядка 60 *мгва*, изготовляемых в Союзе только в виде однофазных, резервирование их достигается установкой одной запасной фазы без джемперного соединения.

Джемперное соединение, являющееся по существу большим или меньшим развитием схемы в части генераторного напряжения, излишне, поскольку все генераторы системы резервируют каждый данный агрегат. Вредным оно является вследствие конструктивных усложнений, вносимых этим устройством во вза-

имную компановку тепловой и электрической частей станции, и, главное, из-за ослабления схемы в результате обилия многоамперных разъединителей.

Как сказано выше, описанная схема может теперь служить в качестве типовой и была положена в основу компановки большинства новых строящихся и проектируемых станций, работающих в аналогичных условиях.

Наряду с нею существуют и другие варианты, сохраняющие полностью все основные принципиальные установки, описанные выше, но иначе оформляющие их. К их числу будут, очевидно, относиться схемы гидростанций со средними мощностями гидравлических турбин. Примером такой установки может служить Свирская ГРЭС (вступившая в работу в 1933 г.) (рис. 12). Несмотря на отсутствие потребителей на генераторном напряжении на станции имеются шины 10 *кв*, как и на Волхове, для укрупнения мощности повысительных трансформаторов, что в данном случае, несомненно, целесообразно. Две группы однофазных повысительных трансформаторов, также в отличие от Волхова, имеют уже только одну резервную фазу.

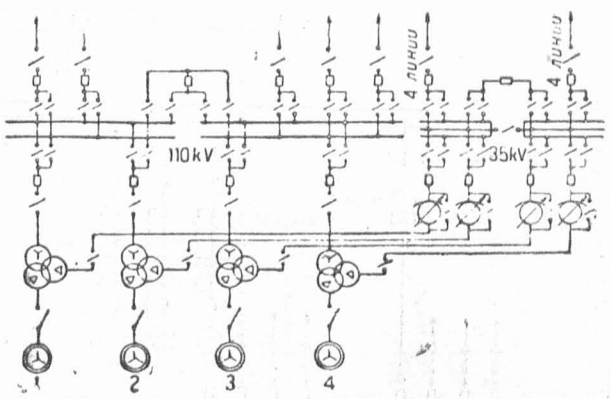


Рис. 13. Схема Дубровской ГРЭС (Ленэнерго).

Генераторы: 50 *мгвт*; $\cos\varphi = 0{,}9$; 10,5 *кв*; 1500 об/мин. Трансформаторы: 10,5/38,5/121 *кв*. Мощности обмоток: 100/45/100%.

На высоковольтной стороне трансформаторы присоединяются непосредственно к линии, и шины 220 *кв* на станции отсутствуют.

На генераторном напряжении к агрегату «трансформатор—линия» присоединены по два генератора, работающие обособленно на отдельную секцию шин 10 *кв*, что также отличает схему Свири от Волхова.

Таким образом схема Свирской станции сохраняет все новые тенденции в компановке ГРЭС, и осуществление параллельной работы генераторов на низком напряжении здесь вызывается специфическими условиями работы гидростанций, мощность турбин которых зависит определенным образом от существующих условий использования водной энергии.

Другим примером отступления от описанной типовой схемы станции, отдающей всю свою энергию на повышенном напряжении, может явиться схема Дубровской ГРЭС, приведенная на рис. 13.

Отличие Дубровской схемы от типовой заключается прежде всего в секционировании шин 110 и 35 *кв* уже при мощности 300 *мгвт* и установке исключительно трехобмоточных трансформаторов. Эта схема, повидимому, предопределена большим отсосом мощности на напряжении 35 *кв*, а также условиями коммутации сети Ленэнерго.

К отрицательным деталям схемы следует отнести сложное включение оперативных масляных выключателей. Здесь опять мы наблюдаем возврат к старому, т. е. к вредной экономии масляных выключателей и переносу центра тяжести переключений на разъединители, что безусловно отрицательно сказывается на надежности эксплоатации.

В. Схемы коммутации станций второго типа

Условия работы станций второго типа определяют применение и развитие у них шин генераторного напряжения, так как потребляемая на этом напряжении мощность, как показала практика проектирования, может достигать величин порядка 150—200 *мгвт* при 10 *кв* и 100—125 *мгвт* при 6 *кв*.

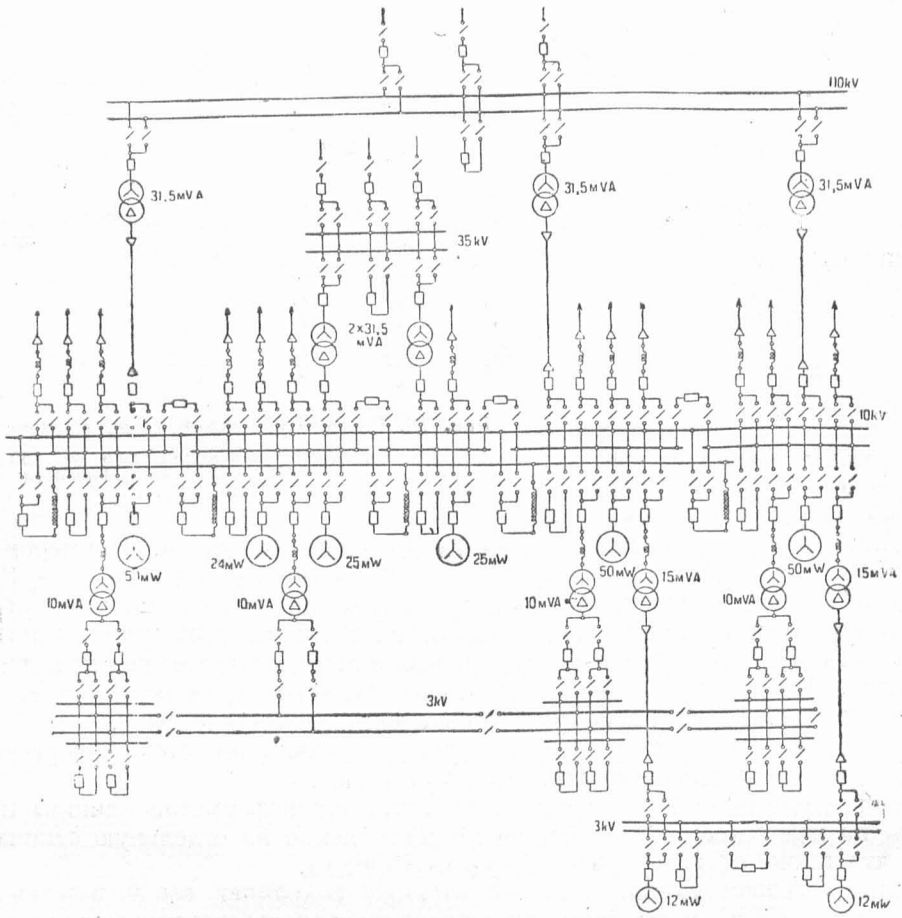


Рис. 14. Магнитогорская ЦЭС (проект схемы полного развития, ТЭЦ).

Построение главных схем этих станций вызывает ряд серьезных затруднений, связанных преимущественно с ограничением токов короткого замыкания, которое требует широкого секционирования шин.

Мощность, могущая быть коммутированной на одну секцию, определяется допускаемыми значениями токов короткого замыкания, а также термической и динамической устойчивостью аппаратуры распределительных устройств, и в первую очередь масляных выключателей.

На основании многочисленных расчетов, произведенных в уже упоминавшемся Секторе типизации и стандартизации Энергостроя инженерами А. А. Васильевым и М. И. Славниным, найдено, что, исходя из характеристик современного электрооборудования, на каждую секцию сборных шин, связанных между собою реакторами, возможно присоединение при 6 *кв* не более одного генератора мощностью 25 *мгвт*, при одном присоединенном к той же секции повысительном трансформаторе в 30 *мгва*. При 10 *кв* мощности соответственно повышаются: для генератора до 50 *мгвт* и для трансформатора — до 60 *мгва*.

Помимо ограничения токов короткого замыкания, секционирование шин генераторного напряжения обусловливается также возросшими требованиями в отношении надежности снабжения абонентов. Секционирование сужает зоны возникающих аварий и позволяет поддерживать напряжение неаварийных секций на требуемой высоте.

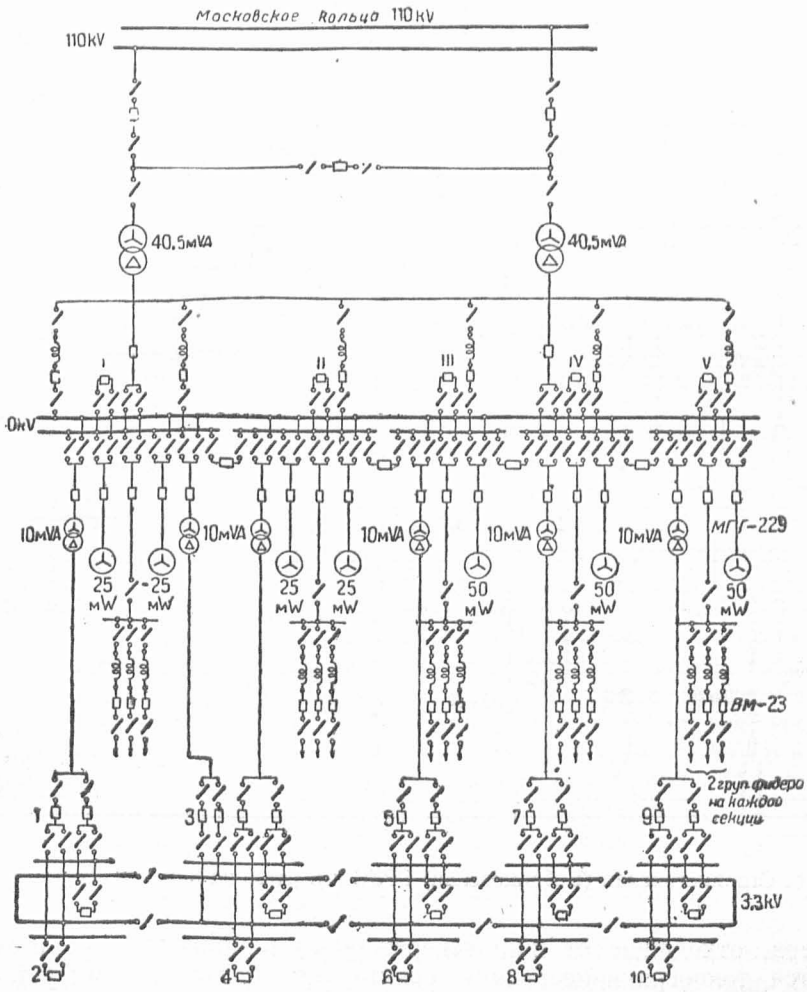


Рис. 15. Схема полного развития Сталинской ТЭЦ (Москва).

У нас, в Союзе, в настоящее время наибольшей популярностью пользуются так называемые кольцевая и радиальная схемы секционирования, имеющие широкое распространение в США.

В качестве примера применения схем этого типа можно указать на Магнитогорскую (рис. 14), Кузнецкую, Сталинскую ТЭЦ (рис. 15) и др., имеющие схему звезды, и на Сталиногорскую ГРЭС, в части 10 *кв* выполненную по схеме кольца. Схема Сталиногорской ГРЭС приведена на рис. 16.

В обеих схемах первая система шин генераторного напряжения разделена на секции по числу генераторов, а вторая представляет общую для всех секций трансферную систему, которая служит, с одной стороны, для резервирования каждой секции, а с другой — предназначена для всякого рода переключений между генераторами, трансформаторами и фидерами различных секций.

Кольцевая схема характеризуется реакторами, включенными последовательно в сборные полосы. Схема звезды — такими же реакторами, но включенными параллельно на ответвления от секций к общим полосам, носящим название уравнительной или синхронизирующей системы шин.

В обеих схемах предусматриваются комбинации оперативных масляных выключателей для обеспечения эксплоатационной гибкости схемы.

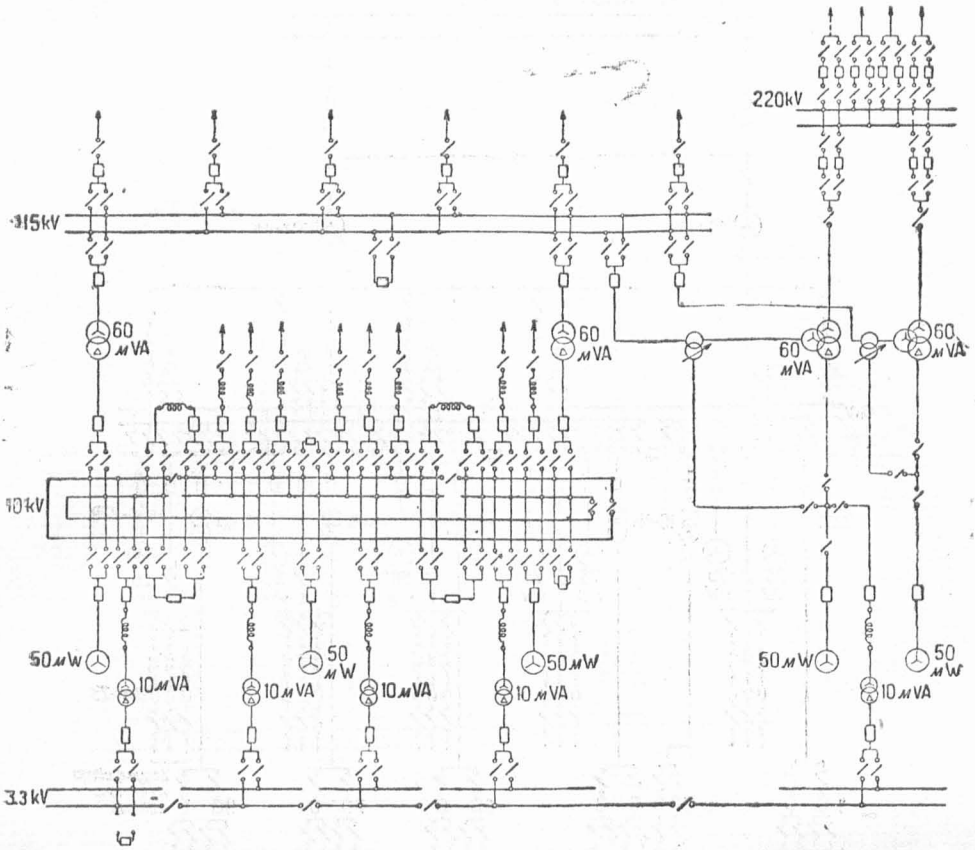


Рис. 16. Сталиногорская (Бобриковская) ГРЭС им. Сталина для мощности 250 *мгвт*.

Фидера, отходящие от шин генераторного напряжения, во всех случаях снабжаются токоограничивающими реакторами, позволяющими установку масляных выключателей легкого типа у потребителей. Вся аппаратура фидеров в этом случае выбиралась по току короткого замыкания за реактором, так как считалось, что реактор — элемент весьма надежный в эксплоатации. Однако практика последних лет показывала, что аварии в реакторах достаточно часты. Поэтому в последнее время для станций рассматриваемого типа начинает находить применение так называемый «групповой фидер», вопрос о котором был поставлен в печати инж. М. И. Славниным и при котором несколько кабелей, отходящих от шин генераторного напряжения, присоединяются к групповой сборке, питающейся от шин через групповой масляник тяжелого типа (например МГГ 229), что позволяет, не беспокоясь за эксплоатационную надежность, иметь на фидерах аппаратуру легкого типа, выбираемую по току короткого замыкания за реактором. Однако такая схема применима лишь при наличии взаимного резервирования потребителей в сети 6 или 10 *кв*, что для рассматриваемых станций, с их большой плотностью нагрузки, обычно возможно осуществить. Примером применения групповых фидеров могут служить Сталинская ТЭЦ (рис. 15) и схема последней очереди Кизеловской ГРЭС, приведенная ниже, на рис. 17.

Для Сталинской ТЭЦ, имеющей крупные, многоамперные фидера, применены фидерные реакторы, на Кизеловской ГРЭС — групповые реакторы, так как фидера этой станции мелкие. Однако при аварии реактора в этом случае выходит из работы вся групповая сборка, в то время как при фидерных реакторах подобная авария приведет только к выходу одного фидера. Таким образом выбор схемы

питания потребителей генераторного напряжения зависит от местных условий и от условий резервирования нагрузок через сеть низкого напряжения.

Необходимо отметить, однако, что появление «группового фидера», повидимому, будет лишь временным этапом развития схем ГРЭС. Удешевление мощных масляных выключателей генераторного напряжения и расширение производства их на наших заводах должно привести в дальнейшем к одинаковой надежности питания всех фидеров шин генераторного напряжения и к отказу в будущем от «групповых фидеров».

К части секции шин генераторного напряжения, обычно к двум, приключаются повысительные трансформаторы и, как показала практика проектирования, в большинстве случаев, на них необходимо иметь регулирование под нагрузкой, так как весьма часто режим их предусматривает реверсивную работу, а регулирование напряжения генераторов, в противоположность первому типу станций, производится в соответствии с режимом работы потребителей генераторного напряжения.

На высоком напряжении (обычно на 110 *кв*) в общем случае предусматривается двойная система шин, к которым присоединяются высоковольтные линии, связывающие станцию с районной сетью.

Таким образом схемы станций этого типа могут различаться принципом коммутации секций шин генераторного напряжения. Каждая из двух схем этой части станции, описанных выше, обладая рядом преимуществ и недостатков, различно оцениваемых отдельными проектантами, не имеет при этом каких-либо резко очерченных свойств, определяющих область применения именно данной схемы. Поэтому, например, в Америке они распространены в одинаковой мере.

Работа советских инженеров по анализу применимости обоих вариантов привела к заключению, что радиальная схема, или схема Скотта, дает все же большие преимущества как в отношении эксплоатационных удобств, так и вследствие большего ограничения токов короткого замыкания и поддержания на ряжения на секциях соседних с аварийной при тех же параметрах межсекционных реакторов. Благодаря этому в СССР преимущественно применяется радиальная схема.

Условия работы подобных станций в системе обычно получаются следующими.

Поскольку рассматриваемые станции теплофикационные, мощность, развиваемая их генераторами, определяется потреблением тепловой энергии и в большинстве случаев превышает потребление электроэнергии с шин генераторного напряжения. Наряду с этим, в особенности при преобладании осветительной нагрузки в электрической части и отопительной в тепловой, графики тепловой и электрической нагрузок могут сильно разниться, что приводит к необходимости отдачи в районную сеть большого количества электроэнергии (при несовпадении электрического и теплового максимума и во время его прохождения). Для этого на каждой теплоэлектроцентрали предусматривается соответственная мощность повысительных трансформаторов.

Ввиду необходимости резервирования мощность, коммутируемая на шинах генераторного напряжения, составляет по меньшей мере сумму потребляемой мощности и одного резервного агрегата.

В нормальных условиях в работе участвуют все установленные на станции машины, покрывающие в основном нагрузку близлежащего потребителя и отдающие излишек в районную сеть. В случае аварии с одним из агрегатов отдача в сеть резервной мощности прекращается, и последняя расходуется на генераторном напряжении, что учитывая вращающийся резерв системы, вполне допустимо. Повысительные трансформаторы остаются приключенными, позволяя подавать в сеть 110 *кв* лишь излишки, обусловливаемые различием графиков нагрузок.

Иногда возможна отдача избыточной энергии на двух повышенных напряжениях 35 и 110 *кв*. Тогда трансформаторы могут устанавливаться трехобмоточными и часто регулируемыми. В отличие от станций первого типа здесь

могут применяться трансформаторы и однофазные и трехфазные, в зависимости от их мощности. Разрывная мощность масляных выключателей на шинах 110 и 35 *кв*, как показала практика проектирования, лежит в пределах соответственно 1 500—2 500 *мгва* и 350—750 *мгва*. На генераторном напряжении мощность выключателей составляет величину порядка 500—1 000 *мгва*.

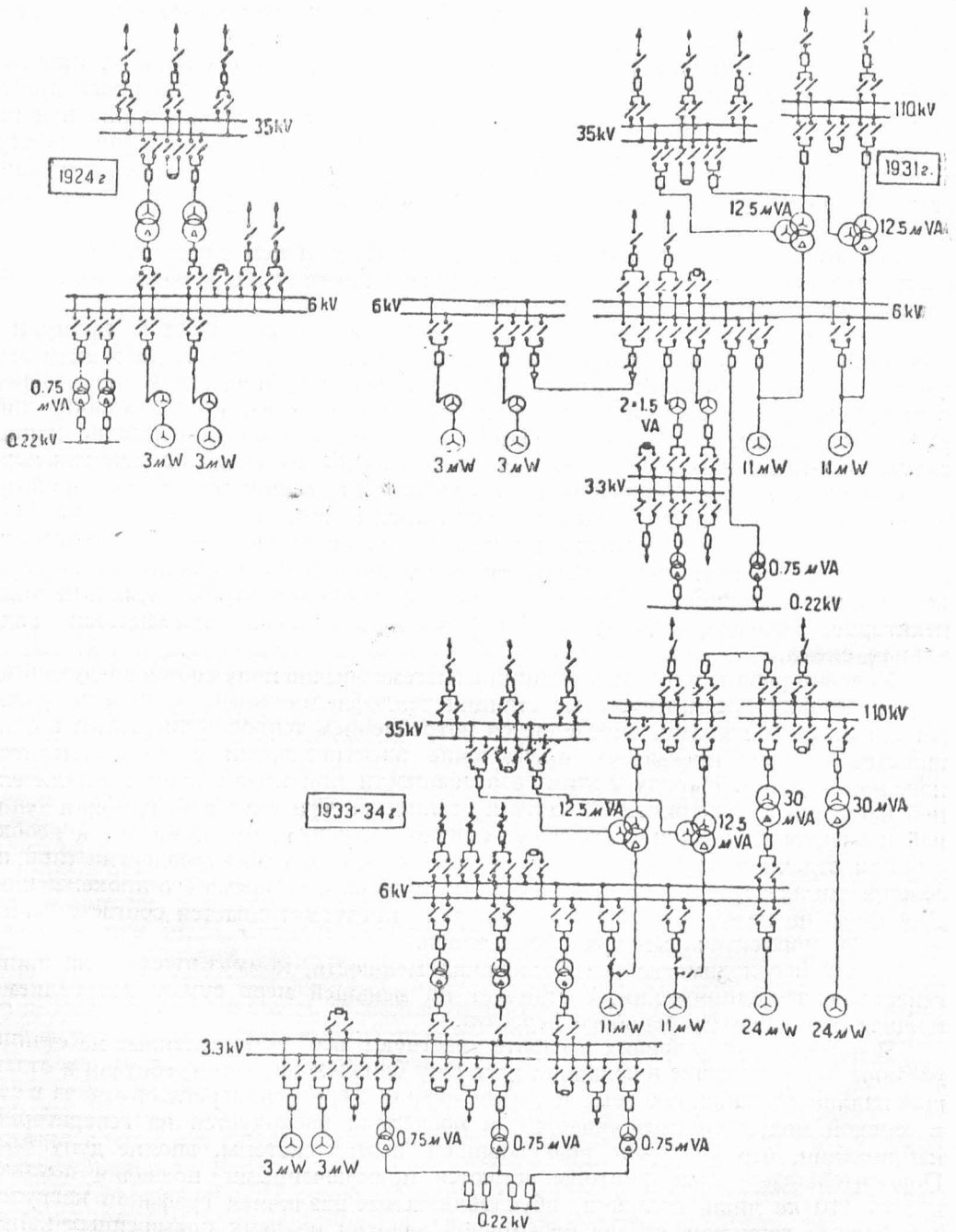


Рис. 17а. Последовательные этапы развития схемы Кизеловской ГРЭС (проект) 1924, 1931, 1933—1934 гг.

C. Схемы коммутации станции третьего типа

Третий тип станций, т. е. станции, отдающие энергию и на генераторном и на повышенном напряжении, в современном выполнении схем представляют из себя сочетание первых двух типов, описанных выше, объединенных территориально. Примером такой схемы может служить Сталиногорская ГРЭС, схема которой приведена выше, на рис. 16. Однако в большинстве случаев у этих станций, по сравнению со станциями второго типа, потребление на генераторном напряжении много меньше, и благодаря этому схема в этой части проще. Обычно здесь требуется секционирование, но даже и в этом случае достаточно бывает иметь не более двух-трех секций, т. е. двух-трех генераторов мощностью не выше 25 *мгвт* при напряжении 6 *кв*. Применение сложных схем, например кольца или радиальной, встречается редко.

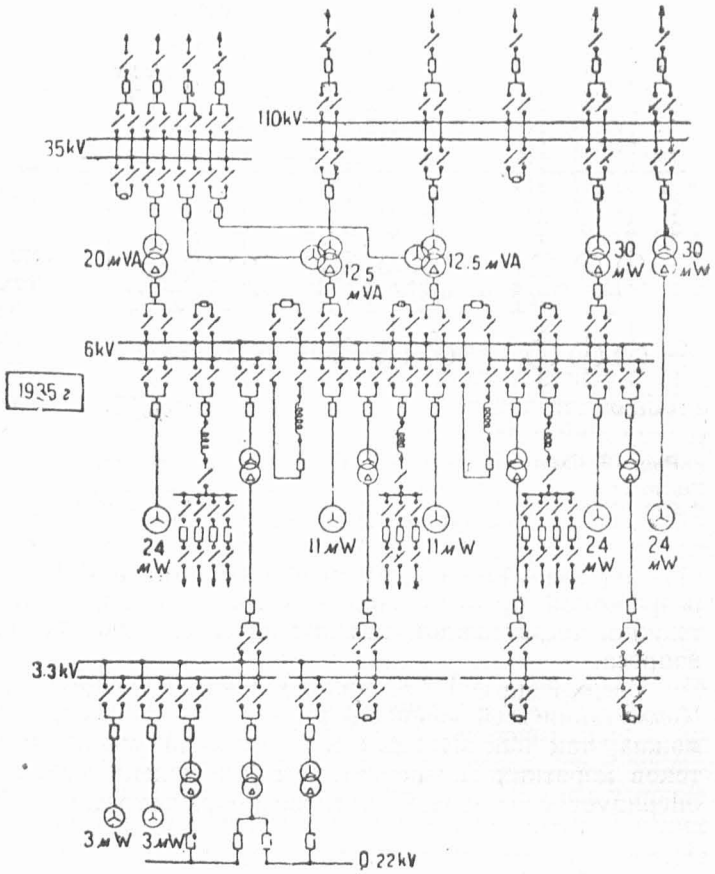


Рис. 17б. Последовательные этапы развития схемы Кизеловской ГРЭС (проект) 1935 г.

Генераторы, устанавливаемые на станции для питания районной сети, коммутируются в точности по схеме станций первого типа, и для этой части установки сохраняют силу все приведенные выше рассуждения.

Следует отметить, что иногда возможен переход станций второго типа в третий. Это происходит тогда, когда по условиям топлива и водоснабжения представляется возможным значительное расширение станций, которое (если учесть пределы потребления на генераторном напряжении) происходит уже по схеме станций первого типа. По таким схемам выполнено также расширение наших ГРЭС первого периода их строительства, сохраняющее в отношении схем первой очереди отмеченные выше специфические особенности компановки и ведущие дальнейшее расширение по новым принципам. В качестве примера могут быть рассмотрены схема V очереди Горьковской ГРЭС, приведенная выше на рис. 4, схема III очереди Штеровской ГРЭС, приведенная на рис. 8, и схемы последовательного развития Кизеловской станции (рис. 17), чрезвычайно ярко отражающие последовательные этапы развития принципов коммутации ГРЭС, описанных выше.

D. Сверхмощные станции

Современные сверхмощные станции характеризуются установленной мощностью 400—600 *мгвт* и выше, при минимальной мощности устанавливаемых агрегатов 50 *мгвт*. Подчеркиваем, что указанные цифры дают минимальные показатели.

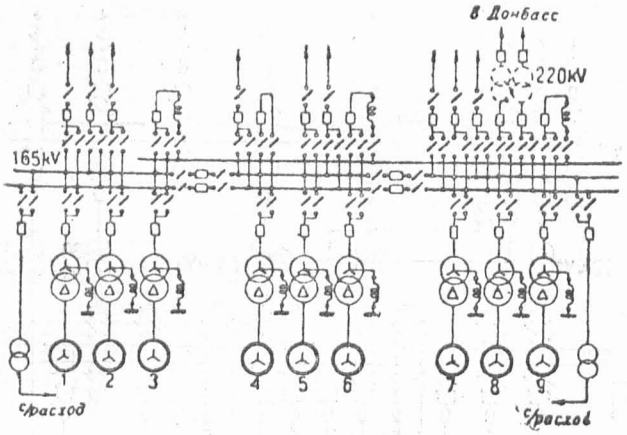


Рис. 18. Схема Днепровской ГРЭС им. В. И. Ленина.
Генераторы *1—9* по 62 *мгвт*. Повысительные трансформаторы 9 × 78 *мгва;* 13,2/160 *кв*. Трансформаторы собственного расхода 2 × 6 *мгва;* 160/2,7 *кв*.

Состояние техники позволяет оценивать в наши дни установленную мощность этих станций средней цифрой в 750—1000 *мгвт* при мощности генераторных единиц порядка 100 *мгвт*.

Если учесть, что не только в Союзе, но и в мировой технике, станции, обладающие подобной мощностью, пока исчисляются единицами, то окажется естественным и отсутствие систематизации их схем, не говоря уже о типовых решениях.

Наиболее интересные работы в области проектирования схем сверхмощных станций выполнялись в первой пятилетке в СССР в связи с предварительной разработкой проблем единой высоковольтной сети. Предложения зарубежной техники представляют меньший интерес, поскольку они дают частичные решения вопроса.

Сверхмощные ГРЭС являются командующими, узловыми точками системы. Коммутация всей мощности их на общие шины для параллельной работы невозможна, так как большая концентрация мощности порождает такие значения токов коротких замыканий, которые далеко выходят за пределы, с которыми оперирует современное электроаппаратостроение. Работа этих станций становится возможной лишь при секционировании как главных шин станции, так и самой высоковольтной сети, в которую они вливают свою мощность. При этом, конечно, подразумевается, что коммутация их мощности возможна лишь на повышенных напряжениях. Таким образом проектирование схемы сверхмощной станции представляет комплекс сложных задач, относящихся уже ко всей системе станций данного района или даже к объединению нескольких систем.

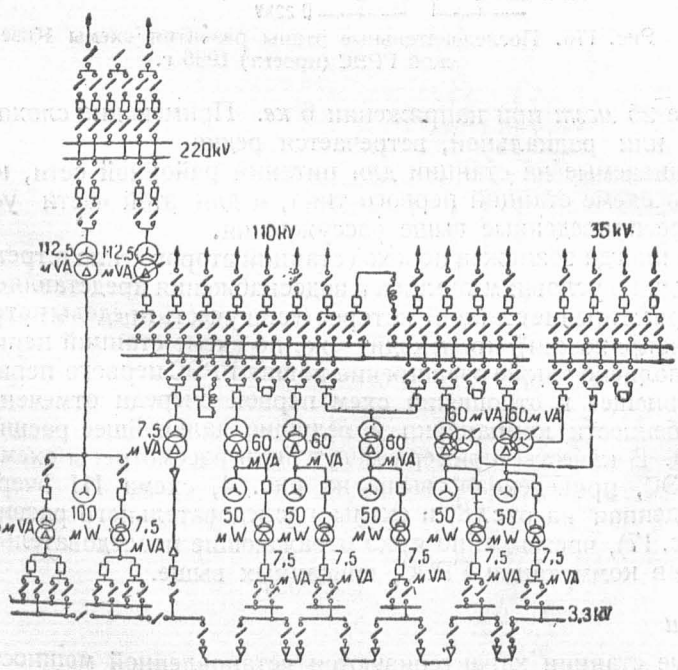


Рис. 19. Один из вариантов расширения Зуевской ГРЭС до 350 *мгвт* (Теплоэлектропроект).

Поэтому схема такой станции теснейшим образом должна быть увязана со схемой высоковольтной сети, и, наоборот, проектирова-

ние последней должно затрагивать схему сверхмощных станций и влиять на нее.

В этом вопросе, таким образом, возможно указать лишь общие направления.

В современном выполнении схемы сверхмощных электростанций используется опыт построения схем генераторного напряжения, а также принцип секционирования через реакторы или — в силу специфики работы высоковольтных сетей — через регулируемые под нагрузкой трансформаторы.

При минимальном количестве секций — от двух до трех — возможно применение прямолинейной схемы.

При повышении количества секций схема усложняется и принимает вид кольцевой или звезды.

В некоторых проектах, или даже выполненных установках, отсутствует непосредственная связь отдельных секций повышенного напряжения между собой, и параллельная работа генераторов осуществляется либо непосредственно на сетевых подстанциях, либо на генераторном напряжении, но опять-таки по схеме кольца или звезды. Следует оговориться, что последний пример относится исключительно к иностранным станциям.

В виде примеров схемы сверхмощной станции может быть приведена Днепровская ГРЭС им. Ленина (рис. 18) или как частный случай схема одного из вариантов предполагаемого дальнейшего расширения Зуевской ГРЭС (рис. 19).

III. Собственный расход ГРЭС

Вместе с развитием и видоизменением главных схем коммутации районных станций резко видоизменились и схемы питания собственного расхода.

В первые годы строительства наших электростанций исключительно важному вопросу надежного снабжения собственного расхода и увязки его с экономикой всей установки в целом не уделяли должного внимания. Проектирование сводилось главным образом к выбору источника питания. Схемы электрических соединений собственного расхода выбирались без учета влияния их на тепловую часть станции. Выбор типа электропривода для механизмов предоставлялся их поставщикам. Станции требовали только, чтобы моторы удовлетворяли основным параметрам внутристанционной сети: напряжению, току и частоте. Все остальные существенные характеристики — конструкция, изоляция и пр. — предоставлялись на усмотрение поставщика. Вследствие этого элетромоторное хозяйство наших первых станций грешит чрезмерной пестротой. Механизмы, работающие в совершенно одинаковых условиях, зачастую оказывались снабженными электромоторами различных типов. За последние 4—5 лет проблема собственного расхода претерпела у нас полную эволюцию, отдельные фазы которой тесно связаны как с развитием самих станций, так и электрооборудования как такового.

В настоящее время электроснабжению, схемам и выбору типа двигателей для вспомогательных механизмов установок собственного расхода уделяется очень большое внимание, и эти вопросы являются одним из важнейших участков проектирования крупных электроцентралей. Это и понятно, если учесть огромное влияние нормальной работы разветвленной и сложной сети собственного расхода станции на бесперебойность ее работы.

Исторически вопрос собственного расхода развивался у нас примерно в следующей последовательности.

1. Хаустрансформаторы

Первые станции имели простейшие схемы собственного расхода. В большинстве случаев установки собственного расхода получали мощность через понизительные трансформаторы от главных или переключательных шин генераторного напряжения. С главных полос собственного расхода, которые обычно не секцио-

нировались, энергия распределялась далее системой кольцевых фидеров. Напряжение внутристанционной сети принималось обычно 3,3 *кв* для крупных моторов и 380—220 вольт — для мелких моторов и освещения. Примером подобных схем питания собственного расхода является I очередь Горьковской ГРЭС (рис. 4) или ГРЭС им. Артема (рис. 5).

Электромоторы группировались по территориальному расположению и присоединялись к разбросанным по станции групповым сборкам, представлявшим собой как бы распределительные подстанции внутристанционной сети. В зависимости от мощности и ответственности отдельных групп моторов кольцо питало одну или несколько сборок, причем для обеспечения надежности сечение кабелей выбиралось из расчета одностороннего питания всех присоединенных к кольцу моторов.

Групповые сборки выполнялись обычно из железных шкафов (типа ЯЖ), внутри которых размещались одна система полос и вся необходимая аппаратура.

В рассматриваемый период на собственном расходе станции преимущественно устанавливались асинхронные моторы с фазным ротором и пусковым сопротивлением, которым отдавалось предпочтение благодаря их небольшим пусковым токам при большом начальном крутящем моменте. К моторам с коротко замкнутым ротором относились отрицательно, и применение их было весьма ограниченно, так как на проектирование собственного расхода механически переносились взгляды, сложившиеся на практике установки моторов у сетевых потребителей.

Питание собственного расхода от хаустрансформаторов, будучи очень дешевым, обладало, однако, эксплоатационными недостатками, ограничивавшими его применение.

Дело в том, что благодаря связи главных шин станции с шинами собственного расхода на последних неизбежно отражались все нарушения нормального режима работы во внешней сети. Эти нарушения, вследствие существовавшей тогда тенденции к замедленному отключению аварий, приводили к резким и длительным посадкам напряжения, что в условиях широкого применения моторов с фазным ротором и реостатным запуском приводило в свою очередь к отключению этих моторов. Таким образом питание собственного расхода от хаустрансформаторов при существовавших тогда условиях было мало надежно и допустимо лишь у относительно маломощных станций, работающих на неразветвленную внешнюю сеть.

По мере роста станций и их сетей вопрос надежного питания собственного расхода становился все более и более актуальным. Одновременно ухудшались условия применения хаустрансформаторов, так как развитие сетей, питающихся от станций, вызывало в тот период увеличение времени выдержки станционных реле, а благодаря росту протяженности и усложнению схем сетей возрастало количество аварий, вредно отражавшихся на работе моторов собственного расхода.

2. Хаусгенераторы

Отмеченные обстоятельства вместе с увеличением мощности собственного расхода привели к следующему этапу развития схем питания собственного расхода— установке специальных хаусгенераторов.

Установка специальных машин для питания собственного расхода в очень большой степени повышала надежность работы вспомогательных механизмов станции, так как устранялась связь с внешней сетью и, кроме того, снижалась мощность короткого замыкания во внутристанционной сети. Но этот способ требовал значительно больших начальных затрат. Стоимость энергии, потребляемой на собственные нужды, также повышалась благодаря пониженным *КПД* хаустурбин по сравнению с главными.

Для повышения экономичности работы хаусгенераторы снабжались иногда турбинами, работающими на противодавление с использованием отработанного

пара на подогрев питательной воды. Однако ввиду различия графиков потребления пара и расхода энергии на собственные нужды и в этом случае возникала необходимость связать установки собственного расхода с главными шинами станции. Кроме того, такая связь позволяла сильно снизить начальные капиталовложения путем отказа от резервного хаусагрегата и замены его понизительным трансформатором, связанным с главными шинами станции. Примеры подобного питания собственного расхода можно видеть на схемах Ивановской ГРЭС (рис. 6) и на схеме Штеровской ГРЭС 1931 г. (рис. 8).

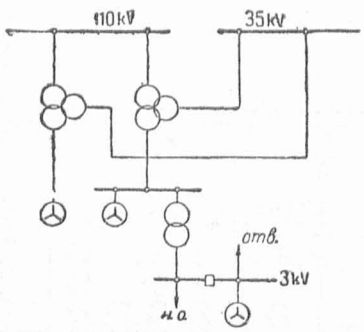


Рис. 20. Принципиальная схема питания собственного расхода станции хаустрансформаторами и хаусгенератором.

В наших, советских условиях проекты расширения некоторых районных электростанций предусматривали перевод на роль хаусагрегатов мелких машин первых очередей, как это имеет место, например, на Горьковской ГРЭС (рис. 4) или на Кизеловской ГРЭС (рис. 17). Однако, поскольку мощность генераторов первых очередей в большинстве случаев, при отмеченном выше чрезвычайно большом росте первых наших станций, не совпадала с потреблением на собственный расход, возникла необходимость или отдачи или получения некоторого количества энергии на шины собственных нужд, что также лучше всего решалось путем связи собственного расхода с главной схемой.

Таким образом стремление, с одной стороны, обеспечить надежность работы вспомогательных механизмов, и с другой — возможно больше снизить начальные затраты, привело к промежуточному решению: к комбинированному питанию собственного расхода и от хаусгенераторов и от хаустрансформаторов.

Различие в эксплоатационной надежности этих двух источников питания требовало соответствующего видоизменения схем собственного расхода. Построение таких схем в этом случае основывалось на делении вспомогательных механизмов на две категории — «ответственных» и «неответственных».

Это деление в большей или меньшей степени условно, так как по существу все механизмы станций ответственны и необходимы для ее правильной работы. Но кратковременная остановка различных механизмов по-разному влияет на работу станции. Поэтому такая разбивка лишь уточняет требования, предъявляемые к надежности питания отдельных элементов собственного расхода.

Под «ответственными» механизмами подразумеваются такие, остановка которых, хотя бы и кратковременная, резко влияет на работоспособность станции и, следовательно, недопустима.

К «неответственным» относятся такие механизмы, отключение которых на непродолжительный срок не наносит ущерба работе станции.

В соответствии с этим делением, схемы собственного расхода строились по следующему принципу.

Главные полосы собственного расхода делились на две секции — одну, соединенную с хаусгенераторами и питающую «ответственных» потребителей, и другую, питающую «неответственных» потребителей и связанную с хаустрансформаторами (см. рис. 20). Обе части соединялись между собой автоматическим масляным выключателем. В нормальных условиях этот межсекционный выключатель замкнут и связывает на параллельную работу хаусгенераторы с главной схемой. При аварии во внешней сети или на секции «неответственных» потребителей масляник мгновенно автоматически размыкается, изолируя таким образом хаусгенераторы и «ответственных» потребителей от аварийной зоны.

Описанная схема показывает лишь принцип работы. В техническом оформлении в зависимости от местных условий схемы отдельных районных станций

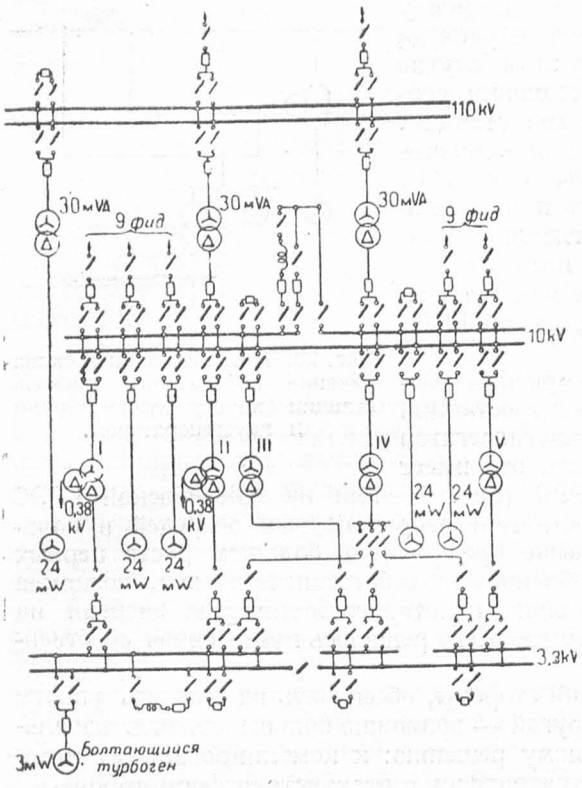


Рис. 21. Схема полного развития Сталинградской ГРЭС (Теплоэлектропроект).

Трансформаторы собственного расхода: *I* и *II* — по 3,75 *мгва*; *III*, *IV* и *V* — по 5,6 *мгва*.

разнятся количеством секций, конфигурацией главных полос, количеством оперативных масляных выключателей и пр.

3. „Болтающийся" хаусгенератор

Следующим этапом развития схем собственного расхода, предельно снижающим эксплоатационные расходы, но сохранившим при этом надежность питания от хаусгенераторов, являлось применение так называемой «болтающейся турбины».

Эта схема использована на Сталинградской ГРЭС (рис. 21).

В принципе в электрической части эта схема собственного расхода не отличается от только что рассмотренной. Основное различие состоит в применении вместо постоянно работающих хаустурбин так называемой «болтающейся турбины», распространенной в Америке.

Эта турбина представляет собой агрегат, нормально не несущий нагрузки и работающий вхолостую. Генератор при этом используется как синхронный компенсатор. В паровую часть пропускается пар только для прогрева турбины. Нормально таким образом обе секции собственного расхода питаются через понизительные трансформаторы с главных шин станции. При падении напряжения на главных шинах «болтающаяся турбина» автоматически, в кратчайший срок, вступает в работу, межсекционный масляный выключатель размыкается, и «ответственные» потребители не испытывают перерыва в снабжении. Эксплоатация сталинградской «болтающейся турбины» дала вполне удовлетворительные результаты.

4. Вспомогательные генераторы на валу главных турбин

Совершенно другой способ снижения эксплоатационных расходов, также распространенный в Америке, принят на одной из бакинских районных станций. Этот способ заключается в применении вспомогательных генераторов, насаженных на вал главных турбин (рис. 22), и соединяет в себе надежность снабжения энергией с экономичностью ее выработки. Действительно, работая на отдельные полосы собственного расхода, в этом случае совершенно не связанные с главными шинами, вспомогательные генераторы обеспечивали достаточную надежность питания собственного расхода. Экономичность работы достигалась тем, что энергия для собственных нужд вырабатывалась главными экономично работающими турбинами.

Недостатки этого способа заключаются в усложнении конструкции главного агрегата (удлинение вала турбины) и, главное, в затрудненности параллельной работы отдельных вспомогательных генераторов.

Последнее объясняется тем, что положение вала агрегата диктуется ротором главного генератора, и, следовательно, положение вектора *ЭДС* вспомогательного генератора получается принудительно.

Для возможности параллельной работы необходимо, чтобы векторы *ЭДС* вспомогательных генераторов в точности совпадали с векторами главных машин или были сдвинуты на один и тот же угол. Но практически для нескольких машин этого добиться невозможно, и вспомогательные генераторы неизбежно дополнительно нагружаются уравнительными токами.

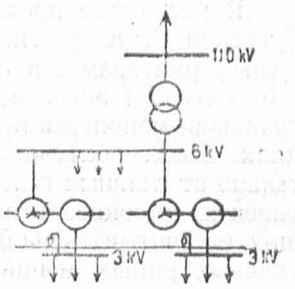


Рис. 22. Принципиальная схема питания собственного расхода станции вспомогательными генераторами, сидящими на валу главных турбин.

Это же делает невозможной параллельную работу вспомогательных генераторов с хаустрансформаторами. В результате они не получили повсеместного распространения даже на их родине — Америке. По данным фирмы «Дженераль Электрик», из всех турбин мощностью выше 20 *мгвт*, установленных ею с 1923 по 1930 г., лишь 11% снабжены вспомогательными генераторами.

5. Современные принципы питания собственного расхода

Краткое рассмотрение схем собственного расхода показывает, что техническая мысль в этом вопросе, направленная в сторону удешевления источников питания при помощи специальных машин, дала сложные решения, вследствие чего питание собственного расхода все же было дорогим и эксплоатационно беспокойным. Удешевлявшая питание собственного расхода связь с главной схемой, принятая в большинстве случаев, в условиях широкого применения моторов с реостатным запуском была вредна, поскольку она переносила на работу вспомогательных механизмов последствия внешних неполадок. Было ясно, что коренное повышение надежности и экономичности возможно лишь при изменении самого подхода к вопросу и при переносе центра тяжести с питающих источников на токоприемники (моторы). Необходимо было детально изучить взаимное влияние характеристик моторов и механизмов, приводимых ими в действие, и получить новый тип моторов, не боящихся колебаний и посадок напряжений. Конструктивная разработка подобных моторов передвинула вопрос собственного расхода в новую, последнюю фазу развития.

В настоящее время разработаны и выпускаются специальные короткозамкнутые асинхронные моторы (по типу Бушеро), допускающие включение на полное рабочее напряжение и обладающие большими пусковыми моментами при сниженных пусковых токах. Эти моторы не боятся посадок напряжения и при установке на механизмах с переменным противодействующим моментом вращения, к каковым относится большинство «ответственных» механизмов собственного расхода, они лишь уменьшают число оборотов при подобных посадках и по восстановлении напряжения вновь разгоняются до нормальной скорости. Никаких нулевых реле для их защиты не требуется, а максимальные реле устанавливаются на ток, превышающий пусковой. Наличие этих моторов дало совершенно новое, прямо противоположное освещение вопросам надежности источников питания собственного расхода. Питание через хаустрансформаторы непосредственно от главных генераторов не грозило уже выпадением из работы механизмов, так как указанные моторы спокойно переносят колебания и посадки напряжения. Наоборот, применение хаусгенераторов с их сравнительно малой мощностью вредно отзывалось на разгоне моторов при восстановлении напряжения после его посадки, так как потребляемые в эти моменты пусковые токи перегружали домашние машины, вызывали посадку их напряжения, удлиняя время разгона.

В настоящее время эксплоатация ряда станций (см., например, опыты на Зуевской ГРЭС [1]) показала полную надежность работы новых моторов с хаустрансформаторами, а большое снижение первоначальных затрат и уменьшение себестоимости энергии, расходуемой на собственные нужды, при выработке ее главными машинами привели к тому, что на современных районных электростанциях Союза обслуживание собственного расхода предусматривается исключительно от главных генераторов. Благоприятные условия для этого создает также развитие высоковольтных сетей, связывающих станции между собой и позволяющих рассчитывать на безусловную возможность получения в любой момент на главных шинах мощности, требуемой для запуска станции при ее остановке, и тенденция к мгновенному отключению поврежденных участков и, следовательно, к уменьшению времени выдержки защит, выдвигаемая теперь и требованиями сохранения устойчивости параллельной работы станций.

Построение схем собственного расхода современных районных станций основывается на тщательном изучении тепловой части станции, условий работы и роли каждого вспомогательного механизма. При этом с целью предельного повышения надежности работы механизмов в схемах широко применяется принцип секционирования.

Необходимость секционирования шин собственного расхода в настоящее время не вызывает сомнений, но оно должно являться логическим следствием главной схемы станции.

Для описанных выше районных станций (тип 1) с агрегатами в 25—50 *мгвт* принимается количество секций, равное числу агрегатов.

Для станций, мощность которых коммутируется на генераторном напряжении (тип 2), возможны два варианта. При конденсационных турбинах число секций главных шин и собственного расхода должно быть одинаково. При теплофикационных турбинах и мощных котлах количество секций выбирается по числу котлов. Это объясняется повышенными требованиями к надежности работы котельных ТЭЦ, так как, если выпадение генератора не причиняет осложнений благодаря вращающемуся (электрическому) резерву, то выход из строя одного котла при изолированной работе ТЭЦ на внешнюю теплофикационную сеть обусловливает сброс теплового потребителя на время замены выбывшего котла резервным. Секционирование шин собственного расхода ТЭЦ по числу котлов ограничивает зону аварий при повреждениях в электрической части котельной технически возможным минимумом.

Другой особенностью современных схем собственного расхода является отказ от группового и переход везде, где это возможно, на индивидуальное питание моторов, при котором каждый мотор непосредственно присоединяется к сборным шинам и имеет свой масляный выключатель в одном центральном распределительном устройстве. Другого выключателя около самого мотора не имеется. Мотор снабжается дистанционным управлением с групповых щитков системы собственного расхода, располагаемых в соответствующих местах станции: возле котлов, в машинном зале, в насосной и т. д.

При индивидуальном питании общее количество масляных выключателей меньше, чем при групповом питании, так как отпадают масляные выключатели фидеров, питающих групповые сборки. Общее количество меди примерно одинаково для обеих схем питания, так как, хотя и отпадают групповые кабели больших сечений, наряду с этим удлиняются кабели, идущие от шин 3 *кв* непосредственно к моторам.

В отношении гибкости и надежности, конечно, все преимущества на стороне индивидуального питания. Оно значительно повышает надежность работы, так как исключается выпадение целой группы моторов при повреждении питающего группового кабеля, при повреждении или осмотре групповых сборок и, главное,

[1] Журнал «Электрические станции» № 8, 1933.

изъятие из тепловой части станций высоковольтной аппаратуры и концентрация ее в одном месте улучшают условия ее работы.

Типичная схема собственного расхода районной станции, отдающей всю мощность на повышение напряжения (тип 1), рисуется в следующем виде (см., например, схему Зуевской ГРЭС на рис. 19).

Питание установок собственного расхода принято от хаустрансформаторов, приключенных к каждому генератору, и от одного резервного трансформатора, присоединяемого к сборным шинам 35 или 110 *кв*. Нормальное питание собственного расхода каждого агрегата с соответствующими ему котлами и прочими механизмами производится от той секции шин 3 *кв*, к которой присоединен хаустрансформатор данного генератора.

Собственный расход, не связанный с работой данного агрегата и являющийся общим для всей станции, равномерно распределен между всеми секциями.

Резервный трансформатор включается на трансферную шину и помощью шиносоединительного масляного выключателя может быть соединен с любой секцией. Шиносоединительные масляные выключатели 3 *кв* на схеме не показаны.

Нормально все секции работают изолированно друг от друга, и вся аппаратура выбирается по этим условиям. Однако, учитывая возможность кратковременной параллельной работы трансформаторов на одной секции (например перевод нагрузки с хаустрансформатора на резервный), наиболее ответственные элементы оборудования (масляные выключатели, кабели) выбираются из условий параллельной работы двух трансформаторов. Достоинствами схемы являются простота, наглядность, малое количество оперативных масляных выключателей и, главное, надежность. Действительно, даже при самом тяжелом виде аварии, например при коротком замыкании на шинах или повреждении хаустрансформатора, из строя выходит лишь один генератор.

Однако при большом количестве генераторов схема приобретает отрицательные свойства, состоящие в том, что вторая система шин является запасной, трансферной, и к ней же присоединяется резервный трансформатор. Поэтому она часто может быть занята, и вследствие этого при аварии с хаустрансформатором из-за невозможности быстрого ввода резервного трансформатора могут выпасть и обслуживаемые хаустрансформатором турбины и котлы. Этот недостаток парализуется кольцеванием и секционированием трансферной шины через разъединители или устройством специальных связей между резервным трансформатором и рабочими секциями.

Все принципы построения схемы собственного расхода для станций, распределяющих энергию на генераторном напряжении, остаются те же, что и только что рассмотренные (см., например, схему собственного расхода Сталинской ТЭЦ на рис. 15). Разница состоит лишь в количестве секций и в способах включения трансформаторов. В рассматриваемом случае трансформаторы, включая и резервный, на высокой стороне присоединяются к главным шинам генераторного напряжения, чем предотвращается выпадение хаустрансформаторов при отключении генераторов.

Схемы собственного расхода сверхмощных станций отличаются количественно от схем рассмотренных типов станций. При генераторах мощностью 100 *мгвт* и при сжигании торфа или угольной пыли полный собственный расход станции может составлять 10—12%, т. е. около 10—12 *мгвт* на один агрегат, что требует установки хаустрансформаторов мощностью 15 *мгва*.

Коммутация такой мощности на одну секцию шин 3-*кв* агрегата нецелесообразна вследствие возрастания токов короткого замыкания, утяжеляющих аппаратуру собственного расхода.

Кроме того, чрезвычайно большая мощность главных агрегатов диктует необходимость дальнейшего повышения надежности. В связи с этим в ряде проектов сверхмощных станций (см., например, схему Зуевской ГРЭС на рис. 19) предусмотрено двойное количество хаустрансформаторов половинной мощности,

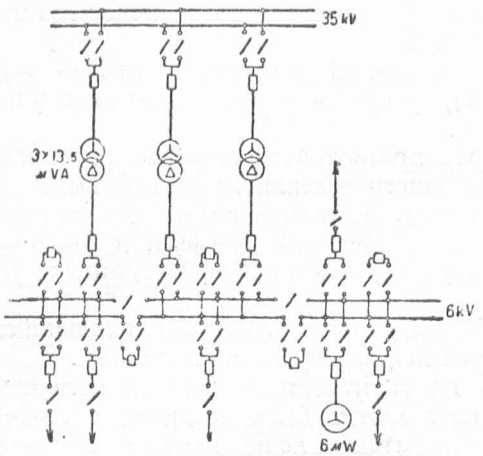


Рис. 23. Схема питания собственного расхода Дубровской ГРЭС.

по два на каждый агрегат, и соответствующее количество секций сборных шин 3 *кв.* При выпадении одного хаустрансформатора агрегат остается в работе, но с пониженной мощностью и ухудшенным вакуумом.

Описанные типовые схемы характеризуют основные тенденции компановки современного, правильно организованного собственного расхода.

Однако благодаря отсутствию стандартов и у современных станций можно иногда наблюдать решения, сильно разнящиеся от типовых. В виде примера можно привести опять схему собственного расхода Дубровской ГРЭС (рис. 23), целиком возвращающейся к уже пройденным этапам.

Установка хаусгенератора, деление главных шин собственного расхода всего на три секции и вытекающее из этого групповое питание моторов ни с какой стороны не могут быть оправданы на современных мощных станциях, в особенности имеющих такую надежную связь с многократно питаемой, развитой высоковольтной сетью, как Дубровская ГРЭС с сетью Ленэнерго.

IV. Компановка ситуационных планов ГРЭС

Рациональное продвижение обрабатываемого сырья по любому производству требует прежде всего логического взаимного положения отдельных цехов в соответствии с технологическим процессом, ролью отдельных цехов в общем процессе производства и возможностью развития отдельных частей производства при каких-либо изменениях в количестве или качестве выпускаемой продукции.

На районных электростанциях — заводах электроэнергии — также существуют свои законы компановки генеральных планов. Оптимальное решение имеет место при прямолинейном продвижении энергии по станции, что достигается при параллельном расположении тепловой части и электрических распределительных устройств (принцип Клингенберга).

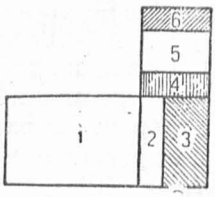
Сопоставление ситуационной компановки отдельных ГРЭС первого периода их строительства дает пеструю картину и указывает на отсутствие в то время каких-либо конкретных принципов, общих для всех объектов (см. рис. 24).

Если в тепловой части мы наблюдаем общий для всех станций принцип взаимно перпендикулярного расположения котельной и машинного зала, то основные вопросы взаимной компановки тепловой и электрической части не имеют ясно выраженной системы. В отдельных случаях наблюдаются даже диаметрально противоположные решения одного и того же вопроса, не обусловленные при этом какими-либо специальными местными условиями, а явившиеся лишь результатом различного подхода к вопросу отдельных проектировщиков.

Однако при всей пестроте компановок все же можно установить некоторые общие для всех станций направления.

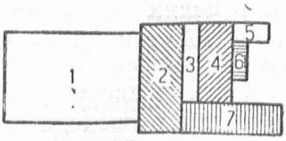
Так, почти как правило при отдаче мощности на генераторном напряжении распределительное устройство этого напряжения выносилось в торец машинного зала, непосредственно сообщаясь с ним (Каширская ГРЭС; Горьковская ГРЭС — см. рис. 24, *А*, *Д*).

Расположение вдоль машинного зала наблюдается при наличии лишь одних переключательных шин.



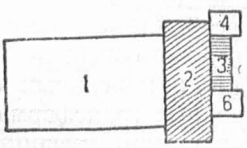
А. Каширская ГРЭС 1921—1922 гг.

1 — котельная; *2* — насосная; *3* — машинный зал; *4* — распределительное устройство 3 *кв*; *5* — служебное помещение; *6* — камеры трансформаторов.



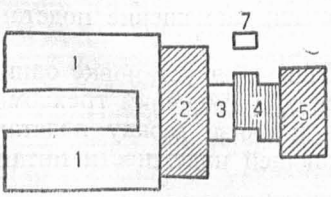
Б. ГРЭС «Красный Октябрь» 1923—1924 гг.

1 — котельная; *2* — машинный зал; *3* — щит управления; *4* — подстанция 110 *кв*; *5* — распределительное устройство 6 *кв*; *6* — камеры трансформаторов; *7* — служебное помещение.



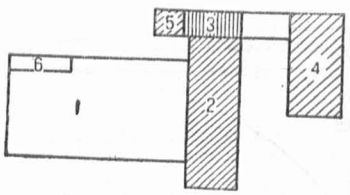
В. Кизеловская ГРЭС 1923—1924 гг.

1 — котельная; *2* — машинный зал; *3* — распределительное устройство 6 *кв*; *4* — щит управления; *5* — подстанция 35 и 110 *кв*; *6* — служебное помещение.



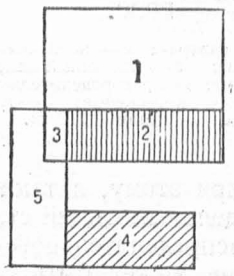
Г. Шатурская ГРЭС 1925—1926 гг.

1 — котельная; *2* — машинный зал; *3* — щит управления; *4* — распределительное устройство 6 *кв* и собственный расход; *5* — подстанция 110 *кв*; *6* — подстанция 35 *кв*; *7* — аккумуляторная батарея.



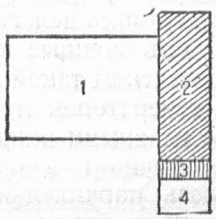
Д. Горьковская ГРЭС 1926—1927 гг.

1 — котельная; *2* — машинный зал; *3* — распределительное устройство 6 *кв*; *4* — подстанция 110 *кв*; *5* — подстанция 35 *кв*; *6* — распределительные устройства собственного расхода.



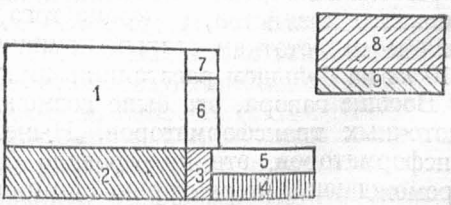
Е. Штеровская ГРЭС 1926—1927 гг.

1 — котельная; *2* — машинный зал; *3* — щит управления; *4* — камеры трансформаторов и распределительное устройство 35 *кв*; *5* — служебные помещения.



Ж. Ярославская ГРЭС (Ляпинская) 1927—1928 гг.

1 — котельная; *2* — машинный зал; *3* — распределительное устройство 6 *кв*; *4* — мастерская.



З. ГРЭС им. Артема 1929 г.

1 — котельная; *2* — машинный зал; *3* — трансформаторы собственного расхода; *4* — распределительное устройство 10 *кв*; *5* — щит управления; *6* — служебные помещения; *7* — мастерские; *8* — подстанция 110 *кв*; *9* — подстанция 20 *кв*.

Рис. 24. Примеры компановки ситуационных планов ГРЭС.

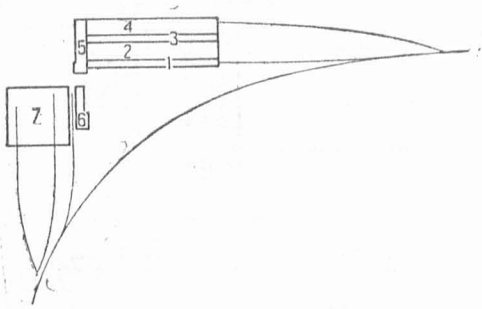


Рис. 25. Ситуационный план Брянской ГРЭС.

1 — бункерная галерея; *2* — котельная; *3* — насосное помещение; *4* — машинный зал; *5* — служебное помещение; *6* — распределительное устройство генераторного напряжения; *7* — повысительная подстанция 110 *кв*.

Повысительные подстанции располагались впереди и параллельно машинному залу. При наличии двух повышенных напряжений подстанции 35 *кв* обычно выносились в сторону и располагались изолированно, на расстоянии нескольких десятков метров (Шатурская ГРЭС, Штеровская ГРЭС — рис. 24, *Г* и *Е*).

Что касается распределительных устройств собственного расхода, то по воззрениям того времени они являлись второстепенной деталью станции и располагались в целях экономии там, где после заполнения станции основным оборудованием оставалось свободное место. На возможность последующего расширения собственного расхода и обеспечение его достаточной надежностью не обращалось достаточного внимания.

Благодаря этому, а также большим расхождениям в компановке планов и разрезов отдельных частей станции в разных установках территориальное расположение распределительного устройства собственного расхода являлось случайным и не может быть подведено под какую-либо систему.

Компановки первых ГРЭС имеют и целый ряд существенных недостатков.

Прежде всего, совершенно неудовлетворительно торцевое расположение распределительных устройств для мощных станций с развитой частью генераторного напряжения, при имеющихся обычно у них больших перспективах дальнейшего роста. Помимо целого ряда конструктивных неудобств, связанных с необходимостью иметь мощные кабельные каналы по всей длине машинного зала, основным недостатком такой компановки является возрастающая по мере увеличения числа генераторов при развитии станции длина кабельных соединений генераторов с главными шинами. Так как повысительные трансформаторы устанавливались обычно в здании высоковольтной подстанции, располагавшейся, как указывалось, параллельно машинному залу и расширявшейся в одном с ним направлении, то и без того увеличенная длина соединений еще удваивалась.

Торцовое расположение, вообще говоря, может быть оправдано лишь на маломощных электростанциях, при отсутствии перспектив на расширение или при чрезвычайно ограниченной площади, отведенной для расположения станции, например на ТЭЦ больших городов или заводов.

По тем же соображениям, т. е. по соображениям удорожания и усложнения кабельного хозяйства, и, кроме того, вследствие ухудшения условий обслуживания к недостаткам старых компановок относится размещение подстанций 35 и 110 *кв* на большом расстоянии друг от друга.

Вообще говоря, это было возможно лишь благодаря установке одних двухобмоточных трансформаторов. Ныне, в условиях применения трехобмоточных трансформаторов, это потребовало бы воздушной связи между подстанциями, загромождающей территорию станции и понижающей надежности питания шин 35 *кв* или же применения кабелей 35 *кв*.

Совершенно абсурдное расположение распределительного устройства генераторного напряжения и повысительной подстанции существует на Брянской ГРЭС (см. рис. 25), где эти части станции оказались вынесенными совершенно в сторону, что чрезвычайно сильно увеличивает расход кабелей и контрольно-измерительных проводов и усложняет связь машинного зала с распределительными устройством генераторного напряжения.

Переходя к рассмотрению компановок современных электростанций, необходимо отметить прежде всего большие сдвиги в этой области.

Как указывалось выше, оптимальные решения генеральных планов соответствуют прямолинейному продвижению по станции вырабатываемой ею энергии. Это наступает при взаимопараллельном расположении машинного зала и электрических распределительных устройств. При отсутствии каких-либо специальных местных условий этот принцип выдержан почти у всех современных станций. Последовательность расположения принимается при этом следующая: машинный зал — распределительное устройство генераторного напряжения — высоковольтные подстанции (см. рис. 26 — ситуационный план Магнитогорской ГРЭС).

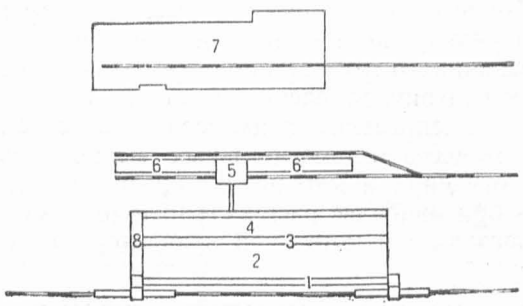


Рис. 26. Более позднее решение ситуационной компановки ГРЭС (проект Магнитогорской ЦЭС).

1 — бункерная галерея; *2* — котельная; *3* — насосное помещение и распределительное устройство 3 *кв*; *4* — машинный зал; *5* — щит управления; *6* — распределительное устройство 10 *кв*.; *7* — повысительные подстанции 110 и 35 *кв*.

При наличии двух повышенных напряжений соответствующие повысительные подстанции располагаются на одной линии. При отсутствии шин генераторного напряжения соответствующее звено выпадает.

Все вспомогательные устройства станции располагаются таким образом, чтобы ни в коем случае они не могли препятствовать росту отдельных распределительных устройств или затруднять его. Это считается обязательным даже в тех случаях, когда к моменту сооружения станция не имеет больших перспектив дальнейшего расширения.

К расположению щитов управления крупных электростанций в настоящее время предъявляются следующие требования: 1) возможно центральное расположение щита к электрическим распределительным устройствам и машинному залу для сокращения длины контрольно-измерительных кабелей, упрощения прокладки их, а следовательно, и повышения надежности управления; 2) щит управления должен быть изолирован от производственных помещений, с тем чтобы обеспечить максимально спокойную обстановку дежурному у щита, что у наших первых станций очень часто не соблюдалось; 3) щит должен иметь хорошую связь для сообщения со всеми помещениями станции.

В соответствии с перечисленными требованиями и принятым современными станциями взаиморасположением тепловой и электрической частей сейчас наблюдается тенденция к выносу щита на некоторое расстояние от фасада машинного зала в сторону распределительных устройств, при сохранении связи с помощью переходной утепленной галереи. При наличии распределительного устройства генераторного напряжения это последнее непосредственно связывается с помещением щита. При его отсутствии щит частично заходит на территорию высоковольтных подстанций. Здание центрального щита выполняется обычно трехэтажным. Как правило, панели управления располагаются на третьем этаже. Первый этаж занимается аккумуляторными батареями, лабораториями и пр., второй этаж отводится для разводки контрольно-измерительных кабелей.

При сохранении указанной компановки в отдельных случаях наблюдается лишь расхождение в расположении щита по отношению к центру машинного зала. Здесь существует два основных варианта: расположение в центре или в нерасширяемом торце машинного зала. Однако перевес имеет вариант центрального расположения, так как торцевое решение в условиях значительного расширения станций, на которое всегда следует рассчитывать, удорожает контрольно-измерительную проводку, делая ее к тому же затруднительной.

Торцевое расположение имеет преимущества главным образом архитектурного порядка, так как при невозможности точно установить предельные размеры машинного зала при полном развитии станций первоначально приходится иметь эксцентричное расположение щита, портящее фасад машинного зала.

Распределительное устройство собственного расхода — учитывая, что главная масса вспомогательных механизмов сосредоточивается в конденсационном помещении и котельной — располагается между ними, в насосном помещении и при наиболее распространенном в Союзе параллельном расположении машинного зала и котельной находится таким образом в центре нагрузки.

V. Распределительные устройства и повысительные подстанции ГРЭС

I. Распределительные устройства старых ГРЭС

Конструктивное выполнение распределительных устройств генераторного напряжения первых очередей районных станций и их сетевых подстанций по сравнению с современными их масштабами является давно пройденным этапом.

Будучи рассчитанными на первоначальную мощность ГРЭС, распределительные устройства отвечали предъявляемым к ним в общем примитивным требованиям. Они характеризуются легкой малоамперной аппаратурой, иногда отсутствием реакторов на фидерах, небольшим числом цепей тока (ячеек) и относительно невысокой надежностью.

Вследствие преимущественного применения импортного оборудования различных фирм и типов распределительные устройства отдельных объектов во многих случаях резко разнились друг от друга и в части размеров и в части компановки оборудования. Общим для большинства распределительных устройств является только строго поэтажное деление аппаратуры с размещением главных шин в верхнем этаже. В отличие от современных конструкций, каждый этаж при этом часто изолировался полностью от примыкающих к нему других этажей, благодаря чему, например, положение шинных разъединителей в коридоре управления масляными выключателями возможно было установить лишь по сигнальным лампам. Установка масляников почти как правило практиковалась не в выходящих на улицу взрывных камерах, а в отдельных ячейках с применением общего взрывного коридора.

Габариты служебных проходов, ячеек и пр. рассчитывались в обрез, лишь на данное устанавливаемое оборудование, без учета возможности дальнейшего усложнения схем в части главных шин, установки межсекционных реакторов или масляных выключателей, а также просто замены оборудования более мощным. Примерами распределительных устройств подобного рода могут служить старое распределительное устройство 6 *кв* Горьковской ГРЭС, разрез которого дан на рис. 27, или ГРЭС им. Артема (рис. 28), имеющие крайне стесненные габариты.

Наряду с этим в некоторых установках наблюдается громоздкость распределительных устройств при малом использовании кубатуры.

Подстанции 35 и 100 *кв* сооружались исключительно закрытого типа, что вполне понятно, если учесть, что, например, в Германии, одной из наиболее энерговооруженных стран Европы, открытые подстанции высокого напряжения возникли лишь в 1923—1924 гг. В закрытом помещении устанавливались не только масляные выключатели, но и высоковольтные трансформаторы. Здесь также наблюдается преимущественно поэтажное деление аппаратуры (2—3 этажа). К распределительным устройствам типа «Hallenbau» вследствие отсутствия эксплоатационного опыта относились еще с большой осторожностью. Этим же, т. е. отсутствием опыта, объясняется применявшееся повсюду полное отделение этажа шин от помещения масляных выключателей, требовавшее излишнего количества изоляторов и лишь ослаблявшее надежность установки. В неко-

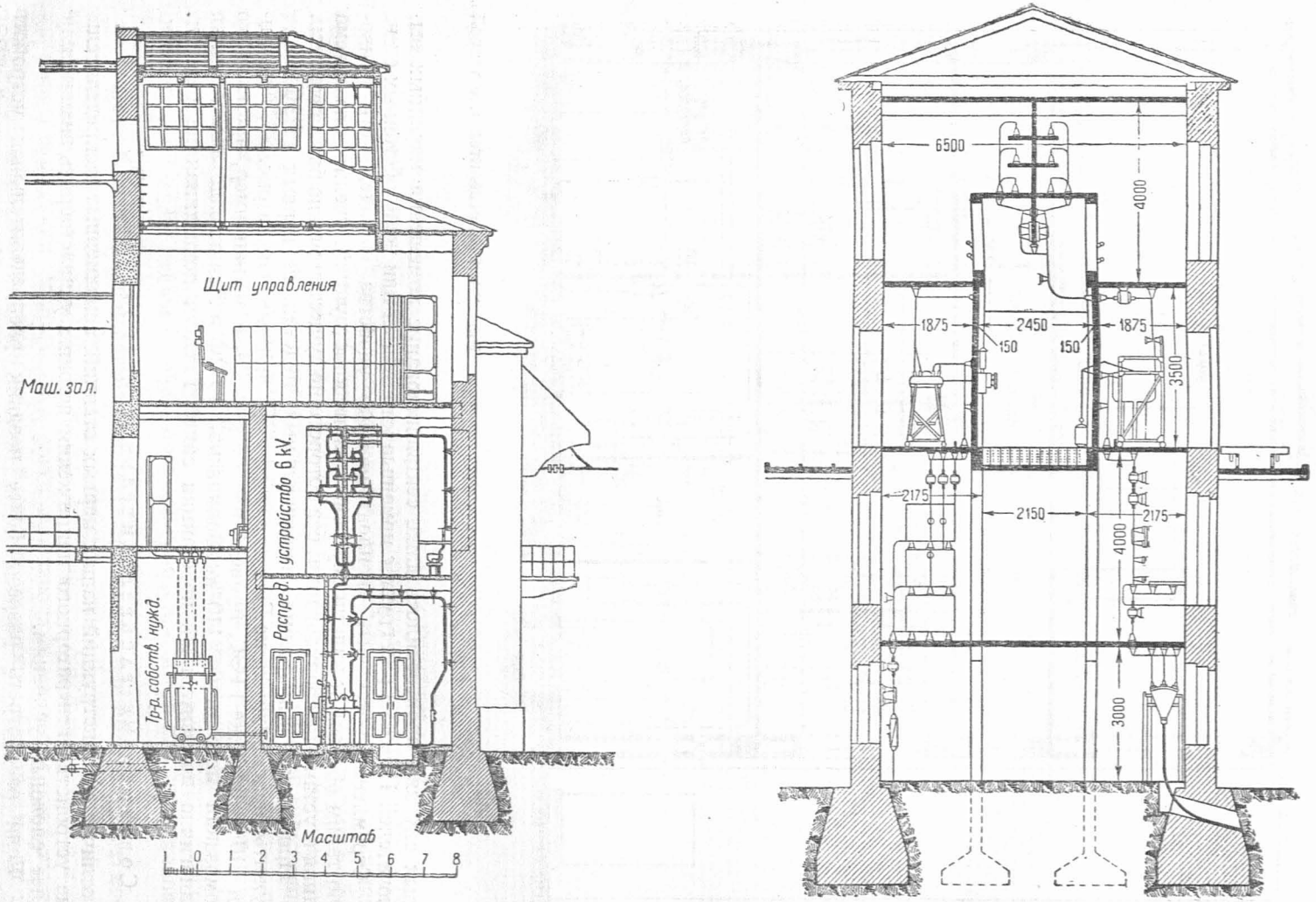


Рис. 27. Распределительные устройства 6 *кв* Горьковской ГРЭС. Слева — старое, справа — новое.

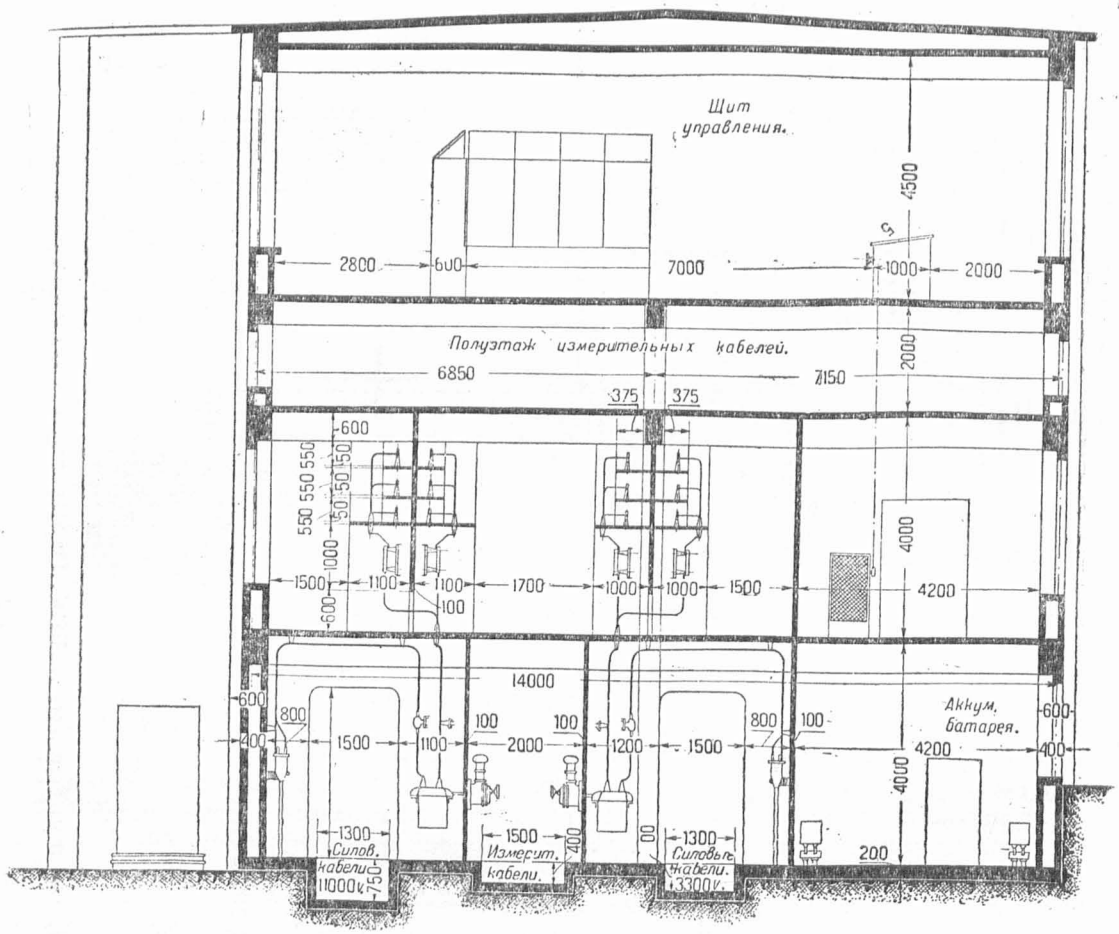


Рис. 28. Распределительное устрой

торых случаях производилось даже секционирование помещения масляных выключателей 110 *кв* на ряд групп с помощью кирпичных или железобетонных стен.

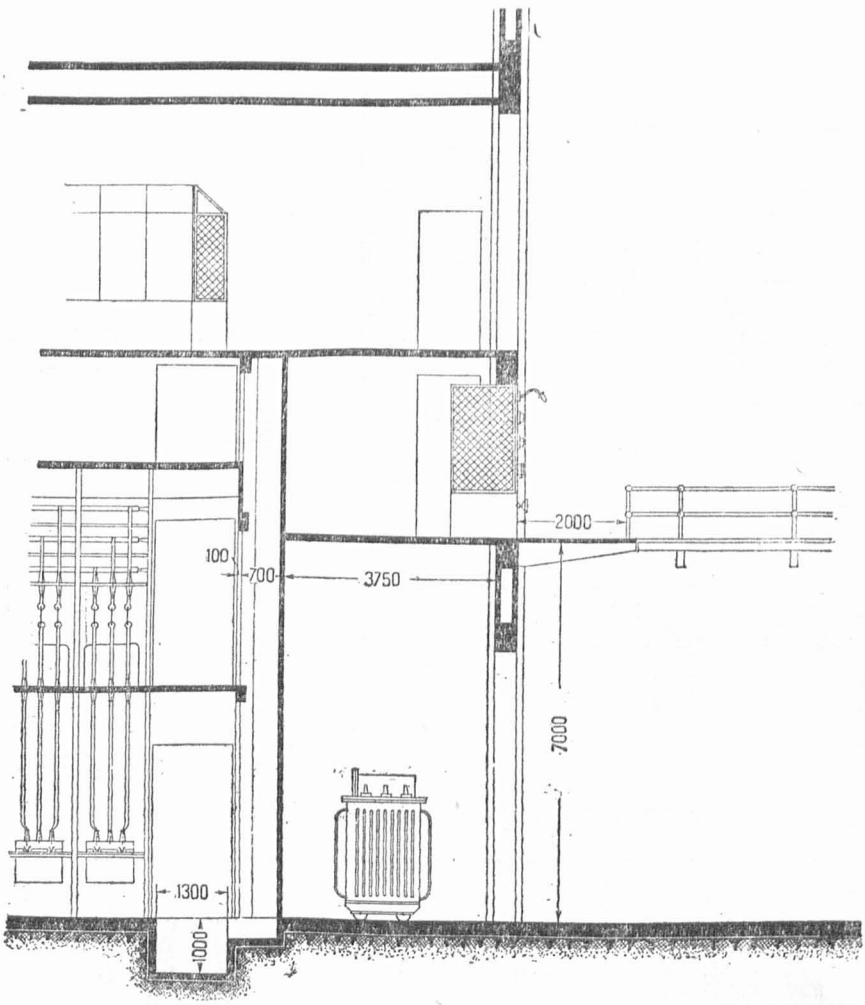
Стремление обеспечить эксплоатационные удобства и надежность приводило таким образом к излишнему усложнению конструкций, увеличению объема здания и установке оборудования, без которого по существу можно было обойтись.

Примерами выполнения повысительных подстанций первых ГРЭС могут служить: подстанция 35 *кв* Горьковской ГРЭС, приведенная на рис. 29, подстанция 110 *кв* этой же ГРЭС, приведенная на рис. 30, или, например, чрезвычайно громоздкая подстанция 110 *кв* Волховской ГРЭС в Ленинграде, выполненная аналогично повысительной подстанции самой ГРЭС и показанная на рис. 31.

2. Современные распределительные устройства ГРЭС

В отличие от конструкций наших первых станций, современные распределительные устройства генераторного напряжения должны удовлетворять значительно более сложным условиям.

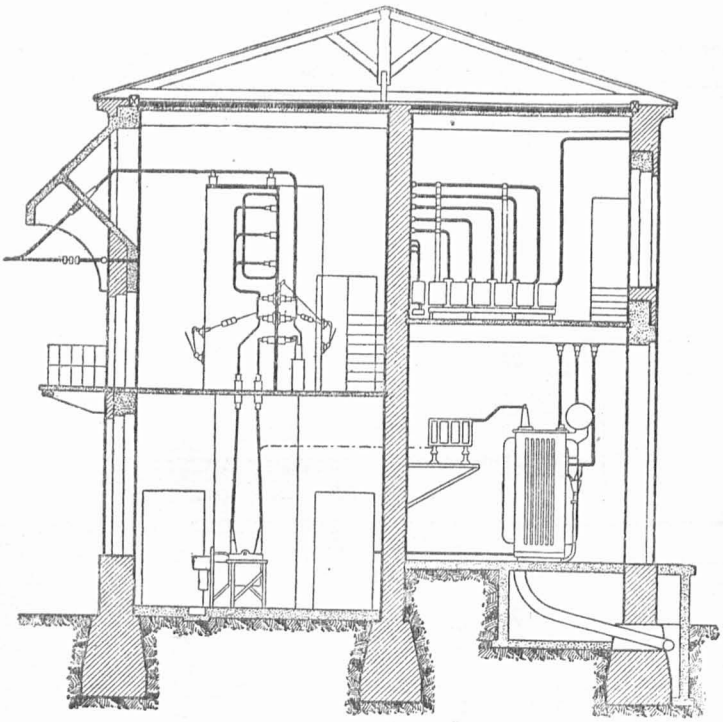
Если рассмотреть разрезы более поздних распределительных устройств ГРЭС, например распределительное устройство 10 *кв* Магнитогорской ГРЭС



ство 10 *кв* ГРЭС им. Артема.

(рис. 32), новое распределительное устройство 6 *кв* Горьковской ГРЭС, приведенное выше на рис. 27, или, наконец, распределительное устройство 10 *кв* Сталинской ТЭЦ (рис. 33), то необходимо будет отметить значительные изменения в принципах их выполнения. Схемы, которые должны быть конструктивно оформлены, чрезвычайно усложнились. Распределительные устройства должны предусматривать размещение трех систем шин — двух рабочих и третьей синхронизационной — при схеме звезды (шина Скотта) — или замыкающей кольцо — при кольцевой схеме. Сильно возросло число оперативных масляных выключателей, появились секционные реакторы. Усложнились цепи отходящих фидеров. Как правило, на всех отходящих фидерах устанавливаются токоограничительные реакторы, или, по меньшей мере, предусматривается место для их установки в дальнейшем.

Вместе с усложнением схем изменилась и станционная аппаратура. В соответствии с возросшей мощностью генераторов и станций, современная аппаратура — тяжелая, рассчитанная на большие значения нормальных токов и токов коротного замыкания. Выпускаемые союзными заводами масляные выключатели тяжелых типов ориентируются на новейшие американские образцы, имеют новое расположение выводов и в некоторых исполнениях обладают малым количе-



СТАРОЕ ЗАКРЫТОЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО 35 кв.

НОВАЯ ОТКРЫТАЯ ПОДСТАНЦИЯ 35 кв.

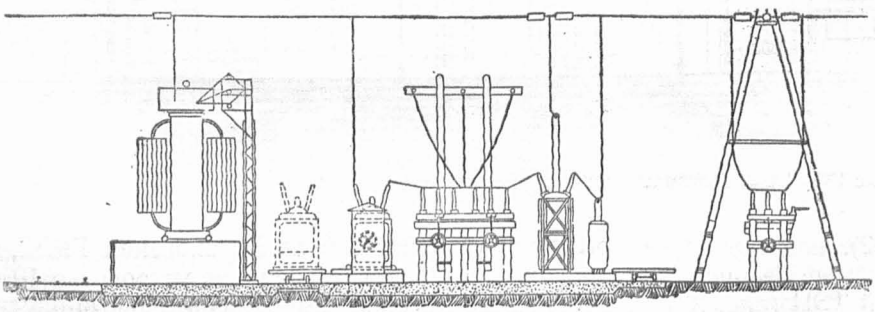


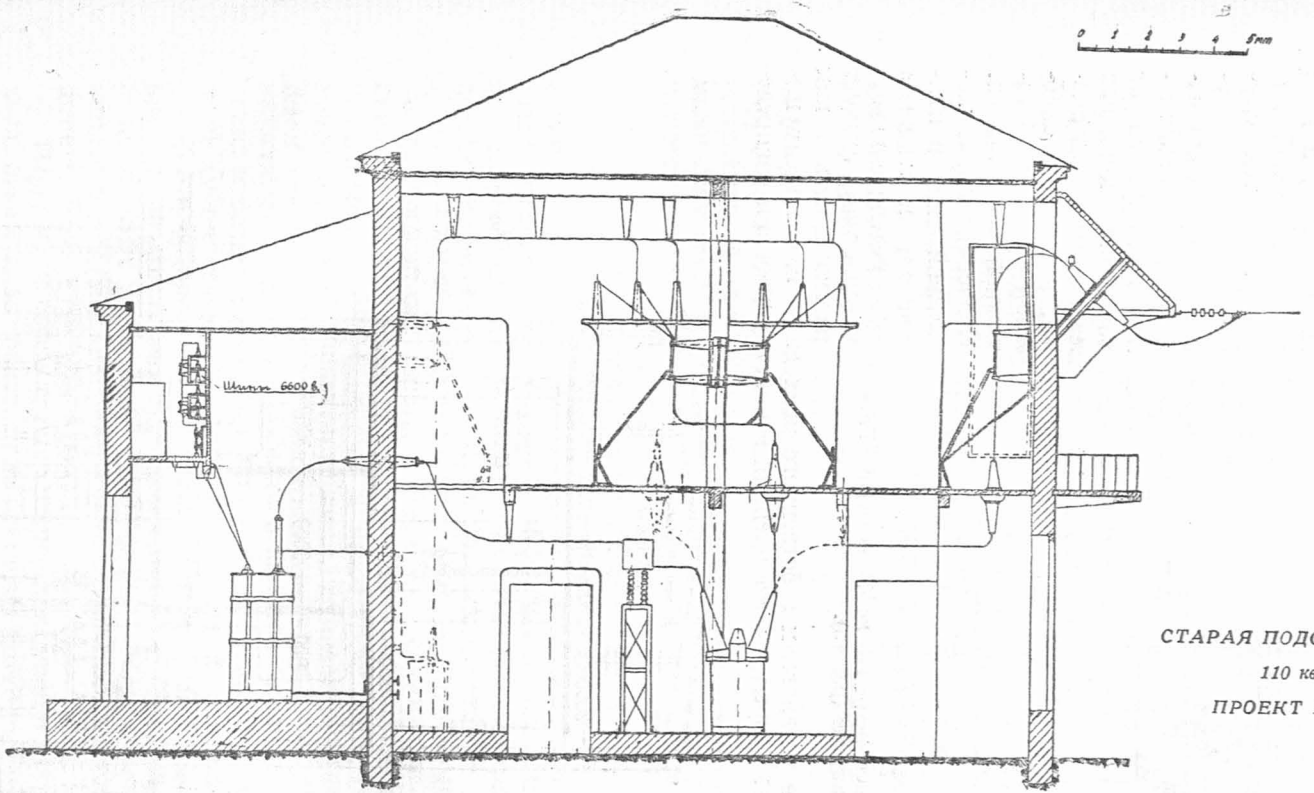
Рис. 29. Распределительные устройства 35 *кв* Горьковской ГРЭС.

ством масла (МГГ), позволяющим устанавливать их, не изолируя от коридора управления.

Легкий тип выключателей, устанавливаемый на фидерах, остался тем же, что и ранее (МВ-22), то-есть требует обязательной установки во взрывных камерах.

Расположение аппаратуры сохранило поэтажное деление. Как правило, распределительные устройства строятся трехэтажными. Сборные шины и шинные разъединители располагаются в третьем этаже. Второй этаж занимается масляными выключателями. Первый этаж отводится под фидерные и секционные реакторы, под фидерные разъединители и кабельные сборки.

В отличие от старых типов, в современных распределительных устройствах масляные выключатели, обладающие большим количеством масла и угрожающие



СТАРАЯ ПОДСТАНЦИЯ
110 кв.
ПРОЕКТ 1926 г.

НОВАЯ
ПОДСТАНЦИЯ
110 кв.

Рис. 30. Повысительные подстанции 110 *кв* Горьковской ГРЭС.

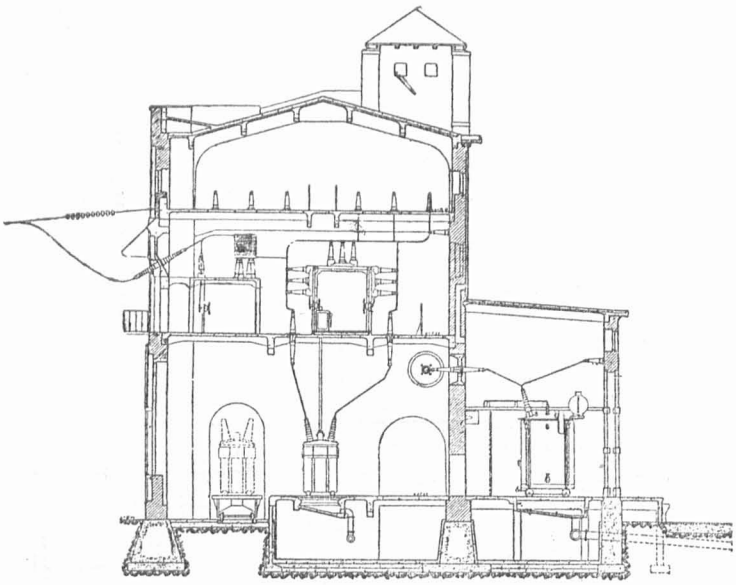


Рис. 31. Понизительная подстанция 110 *кв* Волховской ГРЭС в Ленинграде (разрез).

опасностью взрыва или возгорания масла, устанавливаются во взрывных ячейках с выхлопом обязательно на улицу, а не в общий взрывной коридор. В тех случаях, когда это невозможно, ячейки масляных выключателей изолируются от взрывного коридора массивными дверками, и коридор снабжается усиленной вытяжной вентиляцией. Подчеркиваем, что последний тип, в применении к главным распределительным устройствам, следует рассматривать как исключение. Наоборот, в установках собственного расхода он имеет преимущественное распространение. Современные тенденции в конструировании распреде-

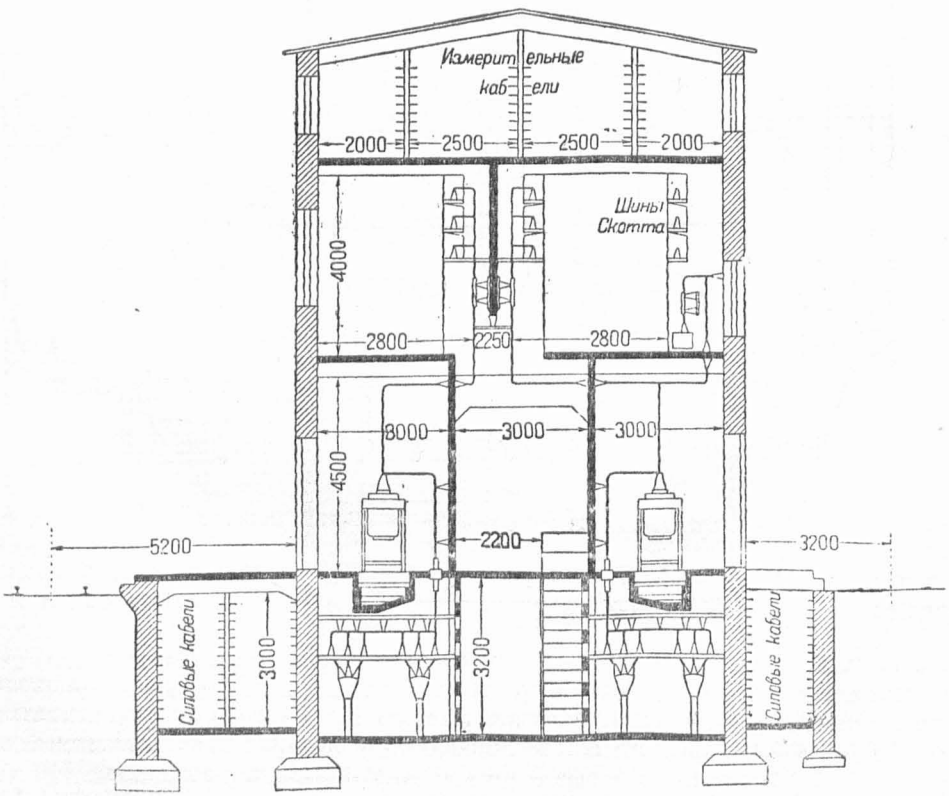


Рис. 32. Распределительное устройство 10 *кв* Магнитогорской ЦЭС.

лительных устройств характеризуются также стремлением к централизации управления и взаимоотделения в пределах одного этажа аппаратуры, требующей различного обслуживания. Первое достигается выводом приводов масляных выключателей и шинных разъединителей в коридор управления второго этажа. При этом для лучшей ориентации в схеме, а также с целью дать естественное освещение коридора управления этот коридор не имеет перекрытия, отделяющего его от этажа шин, чем достигается хорошая видимость разъединителей с места управления. Второе стремление, т. е. взаимоотдельные аппаратуры, наблюдается в том, что все чаще сооружаются и проектируются распределительные устройства с так называемыми форкамерами в этаже масляных выключателей и реакторов. В этаже масляных выключателей форкамеры предназначаются для установки трансформаторов тока, в этаже реакторов — для трансформаторов тока разъединителей и кабельных воронок. Таким образом наиболее часто обслуживаемая аппаратура выносится непосредственно в коридоры управления. Масляные же выключатели и реакторы, требующие поверхностного осмотра только при сдаче и приемке дежурства, остаются в камерах, доступ к которым возможен лишь с улицы. Наличие форкамер дает целый ряд удобств эксплоатирующему персоналу и облегчает ремонтные работы в камерах реакторов и выключателей, поскольку станционные разъединители полностью освобождают их от напряжения. Однако по вопросу о преимуществах и недостатках этого типа имеются разногласия между отдельными проектирующими, эксплоатирующими и строительно-монтажными организациями. Возражения сводятся преимущественно к указанию на недостатки выноса напряжения в коридор управления, на возможность возгорания кабельных воронок и пр., т. е. на недостатки, могущие быть парализованными соответствующими конструктивными мероприятиями.

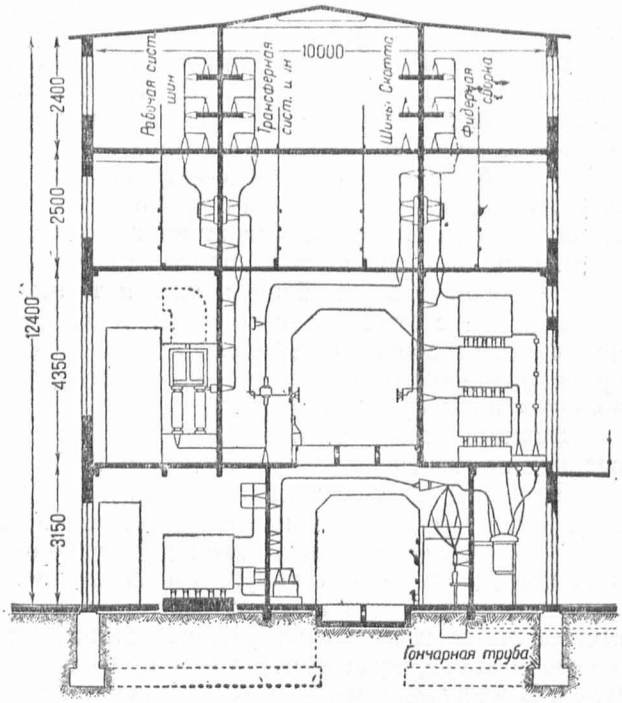


Рис. 33. Камеры группового и отходящего фидеров распределительного устройства 10 *кв* Сталинской ТЭЦ (Москва).

В отношении чисто строительной части зданий распределительных устройств идеи, проводимые при их проектировании, сводятся к переходу на возможно более простые формы, на недифицитные материалы, к возможности использования заготовленных до строительного сезона железобетонных элементов и к уменьшению общей кубатуры здания.

Переходя к рассмотрению распределительных устройств собственного расхода, отметим, что ранее, при групповом питании, количество масляных выключателей, связанных с главными шинами 3 *кв* собственного расхода, было невелико, и даже при однорядном расположении их центральное распределительное устройство 3 *кв* было короче насосного помещения, в котором оно обычно располагалось.

С переходом к индивидуальному питанию моторов число выключателей, устанавливаемых в центральном распределительном устройстве, резко возросло, а размещение их в насосной стало возможным лишь при двухрядном расположении. Но и при этом размеры камер масляных выключателей получаются несколько стесненными, что при интенсивном заполнении камеры ошиновкой и оборудованием затрудняет монтаж и эксплоатацию.

Это обстоятельство усложняет переход к индивидуальному питанию моторов на расширяемых станциях, построенных первоначально с применением группового питания, и приводит иногда к несколько необычным решениям (присоединение моторов попарно по схеме Н, вынос соленоидных приводов масляных выключателей в этаж сборных шин и т. п.).

В связи с этим в нашей специальной периодической литературе все чаще появляются работы, предлагающие организовать выпуск на союзных заводах бронированных распределительных устройств, парализующих указанный недостаток индивидуального питания.

Бронированное распределительное устройство (импортное), собственного расхода применено у нас на Зуевской ГРЭС и на Шатурской ГРЭС.

Типичное же современное выполнение распределительного устройства 3 *кв* (см., например, распределительное устройство собственного расхода Сталинской ТЭЦ на рис. 34) предусматривает двухэтажное расположение оборудования при наличии еще кабельного полуэтажа. В первом этаже размещаются ячейки масляных выключателей, в которых монтируются также трансформаторы тока. На втором этаже располагают сборные шины. Все управление сосредоточивается в первом этаже, куда выводятся и приводы трехполюсных шинных разъединителей. В кабельном полуэтаже прокладываются контрольно-измерительные и силовые кабели в отдельных тоннелях.

Открытые повысительные подстанции высокого напряжения ГРЭС сооружаются в Союзе с 1926—1927 гг. Первый опыт применения их был осуществлен электростанцией «Красный Октябрь» в Ленинграде. В последующее время открытые подстанции были приняты для Харьковской ГЭС, для расширения Каширской ГЭС и Московского 110-киловольтного кольца. Эксплоатация подстанций открытого типа показала полную надежность их работы вне зависимости от времени года, что в соединении с большим экономическим эффектом дало толчок к широкому их применению на всех новых стройках и расширениях. В настоящее время все подстанции 35 и 110 *кв* Союза — за исключением тех случаев, когда этому препятствуют местные условия (близость химзаводов, цементных производств, большая засоренность воздуха и пр.) — выполняются исключительно открытого типа.

Из трех существующих разновидностей открытых подстанций, а именно подстанций высокого, среднего и плоского типов, подавляющее большинство союзных высоковольтных подстанций выполняется среднего типа. Значительно реже встречается высокий тип. Низкий тип в Союзе не применяется.

Характерной особенностью среднего типа (см. рис. 29 и 35) является установка разъединителей на особых стульях на высоте около 2,0—2,5 *м*, т. е. так, чтобы изоляторы их были примерно на одной высоте с изоляторами масляных выключателей и чтобы оставалась достаточная высота для безопасного прохода под разъединителями и соединяющими их проводами. Другой особенностью является отдельная установка специальных шинных и оттяжных конструкций.

Высота подвеса шин над уровнем земли составляет около 6,5—7 *м*. Преимущества этого типа многочисленны: удобство обслуживания разъединителей, легкость их ремонта и замены дефектных частей, безусловная наглядность схемы и хорошая видимость положения разъединителей. Кроме того, по сравнению с высоким типом, вес железа (при выполнении всех конструкций железными) примерно на 25% ниже.

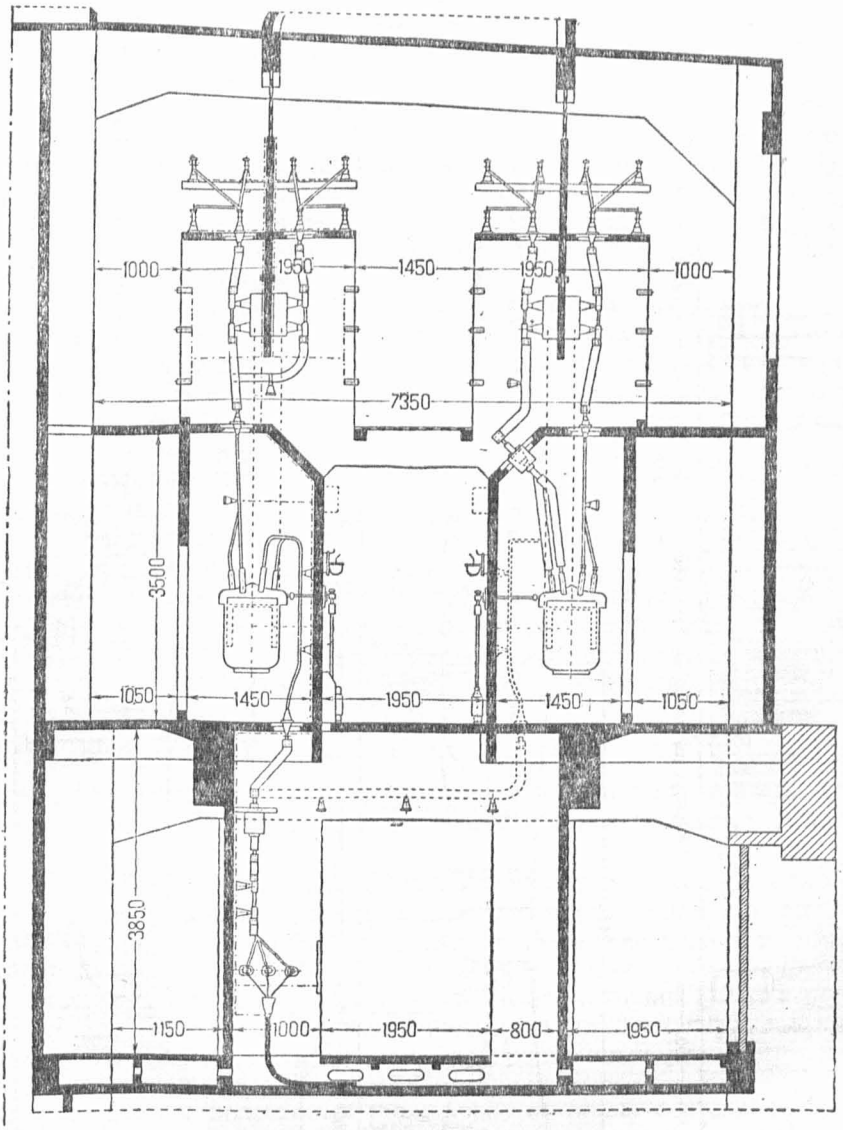


Рис. 34. Камеры трансформатора 10 *мгва* и соединительного масляного выключателя распределительного устройства 3 *кв* Сталинской ТЭЦ.

В тех случаях, когда по недостатку площади средний тип не может быть применен, подстанции сооружаются высокого типа (см., например, новую подстанцию 110 *кв* Горьковской ГРЭС на рис. 30, приведенном выше). Высокий тип характеризуется установкой разъединителей на высоте около 6—7 *м* от земли над масляными выключателями. Сборные шины подвешиваются над разъединителями на высоте уже 12—13 *м*. Здесь мы наблюдаем, таким образом, поэтажную установку аппаратуры, экономящую площадь.

Конструктивное выполнение открытых подстанций достаточно единообразно для большинства объектов, так как сам подлежащий конструктивному оформлению материал не дает большого простора для варьирования и легче всего поддается стандартизации. Основным фактором, влияющим на внешнее исполнение подстанций среднего типа, является материал, идущий на изготовление их кон-

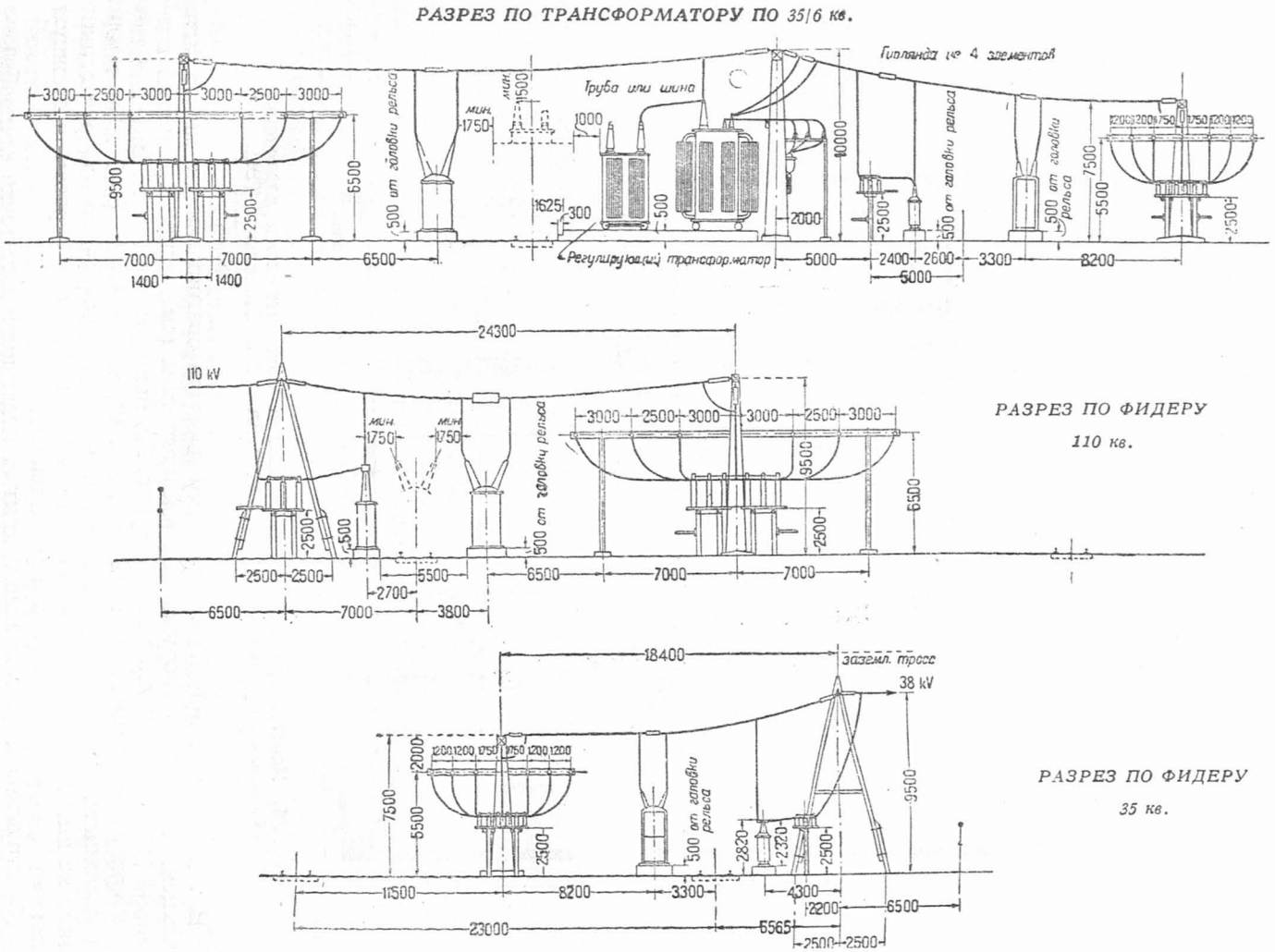


Рис. 35. Открытая подстанция 110 (35) 6 *кв* среднего типа (стандартная подстанция Теплоэлектропроекта).

струкций. Первые подстанции сооружались исключительно железными. Однако необходимость экономии металла заставила заменить его для менее ответственных конструкций деревом. Таким образом возникли подстанции смешанного типа — с металлическими шинными конструкциями, с деревянными—оттяжными, и с фундаментными стульями разъединителей из железобетона. Благоприятные результаты эксплоатации линий электропередач с деревянными опорами и временных чисто деревянных открытых подстанций дали повод к дальнейшей экономии сортового железа, и в настоящее время для ряда относительно малоответственных объектов предусматриваются подстанции 35 и 110 *кв* исключительно на деревянных конструкциях.

Однако применение дерева, хотя бы и частичное, на подстанциях 110 *кв*, в особенности на генераторных станциях, следует рассматривать лишь как явление временное. В дальнейшем следует ожидать возврата исключительно к железным конструкциям как наиболее надежным и конструктивным. Наоборот, вряд ли будет целесообразно переводить обратно на металлические конструкции подстанции 35 *кв*, так как смешанный тип, а в некоторых случаях — у малоответственных потребителей — и деревянный вполне отвечает требованиям, предъявляемым к их надежности. Стремление сократить расход металла при сохранении надежности устройства привело к постановке вопроса о сооружении железобетонных конструкций. Железобетонные конструкции должны оказаться более экономичными, чем железные, и, кроме того, подобно сплошным железным конструкциям, они увеличат наглядность подстанций и придадут им более спокойный вид. Железобетон может тогда также заменить железо для подстанций высокого типа, для которых деревянные конструкции неприменимы.

VI. Районные сетевые подстанции

Развитие схем районных подстанций следует преимущественно за изменением конструкций трансформаторов, являющихся основным стержнем их принципиальных схем.

Схемы подстанций, трансформирующих мощность лишь на одно пониженное напряжение, в первоначальном и в современном исполнении тождественны. Схемы подстанций с двумя пониженными напряжениями разнятся типами трансформаторов. В последнем случае на ранних подстанциях устанавливались трансформаторы двух типов, например, при высоком напряжении 110 *кв* и пониженных 6,0 и 35,0 соответственно с передаточным числом 110/6,0 и 110/35 *кв*. С появлением трехобмоточных трансформаторов оказалось возможным удешевить схемы, совмещая трансформацию в одном трехобмоточном типе.

Далее на схемах подстанций независимо от числа вторичных напряжений отразился взгляд на целесообразность применения одно- или трехфазных трансформаторов. Однако это отражение являлось чисто количественным, ибо, отнюдь не влияя на принципиальную схему, тип трансформатора отражался лишь на количестве устанавливаемых единиц.

В остальном различие схем современных подстанций от ранних схем состоит в утяжелении устанавливаемого основного электрооборудования.

Идентичность условий работы подстанций позволяет конструировать их схемы, разбив их предварительно на ряд групп, точно так же, как это было сделано для генераторных станций.

Современные подстанции могут быть разделены на следующие три основные категории:

a) подстанции, служащие только для отсоса и трансформации энергии;

b) подстанции, служащие главным образом для трансформации энергии и являющиеся одновременно узловыми точками сети, в которых осуществляется ее коммутация;

c) подстанции с синхронными компенсаторами.

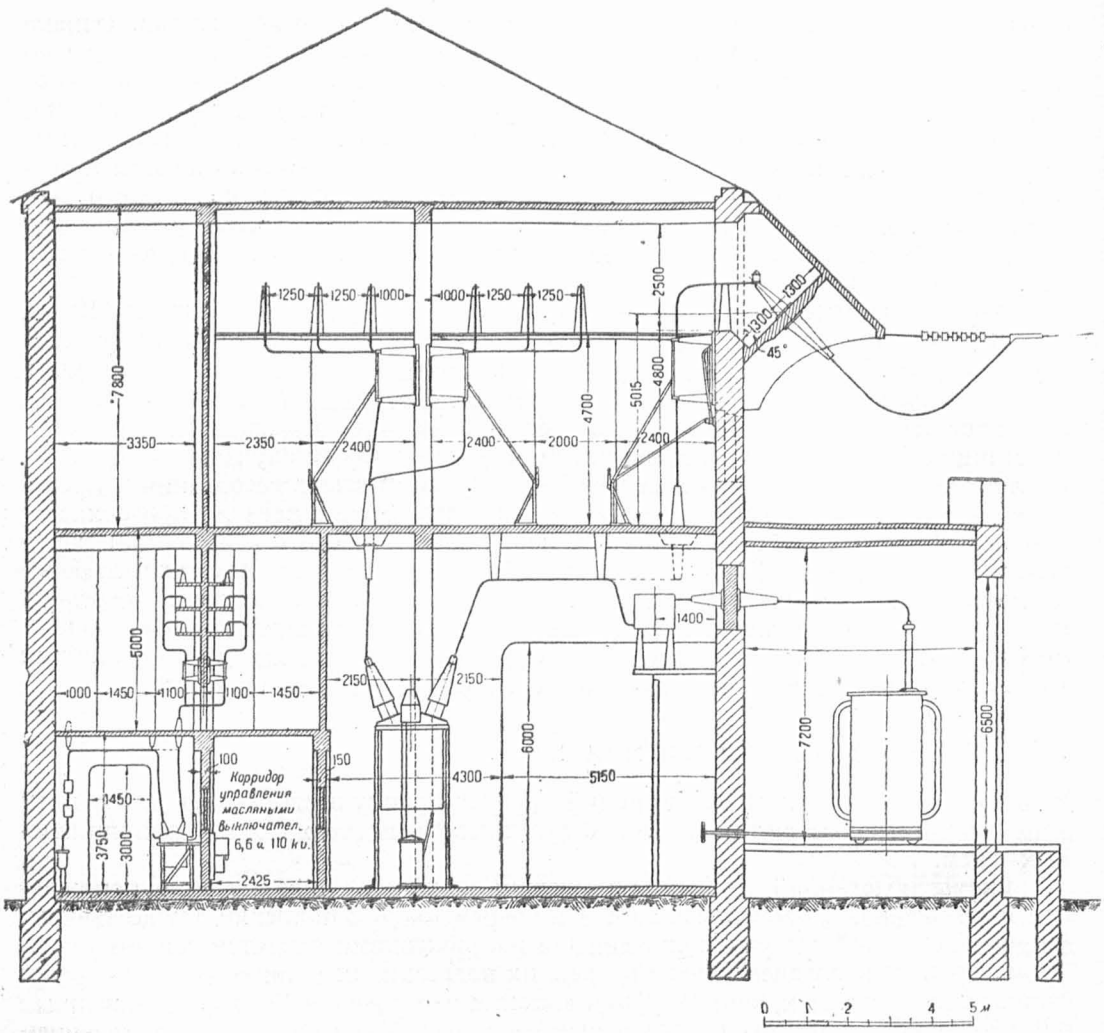


Рис. 36. Понизительные подстанции в Сормове и Молитовке, $^{110}/_{6}$ *кв* (сеть Горьковской ГРЭС).

Естественно, что подавляющее большинство подстанций относится к категории «а». Подстанции категории «b», имеющие место в сверхмощных системах при высоких напряжениях (порядка 220 *кв*) и характеризуемые сложными схемами высшего напряжения, в период первой пятилетки в Союзе отсутствовали. Подстанции категории «с», т. е. с синхронными компенсаторами, чрезвычайно разнообразны вследствие различия в количестве, мощности и способе присоединения компенсаторов. Таким образом полная типизация схем была возможна лишь для категории «а».

Все подстанции этой категории могут быть в свою очередь подведены под две основные схемы:

1. Подстанции с двумя пониженными напряжениями (35 и 6 *кв*).
2. Подстанции с одним пониженным напряжением.

В основном типовая схема подстанции с двумя пониженными напряжениями представляет следующее. К шинам высшего напряжения, т. е. 110 *кв*, подходит ряд высоковольтных линий. Шины 110 *кв* — двойные. Один комплект постоянно

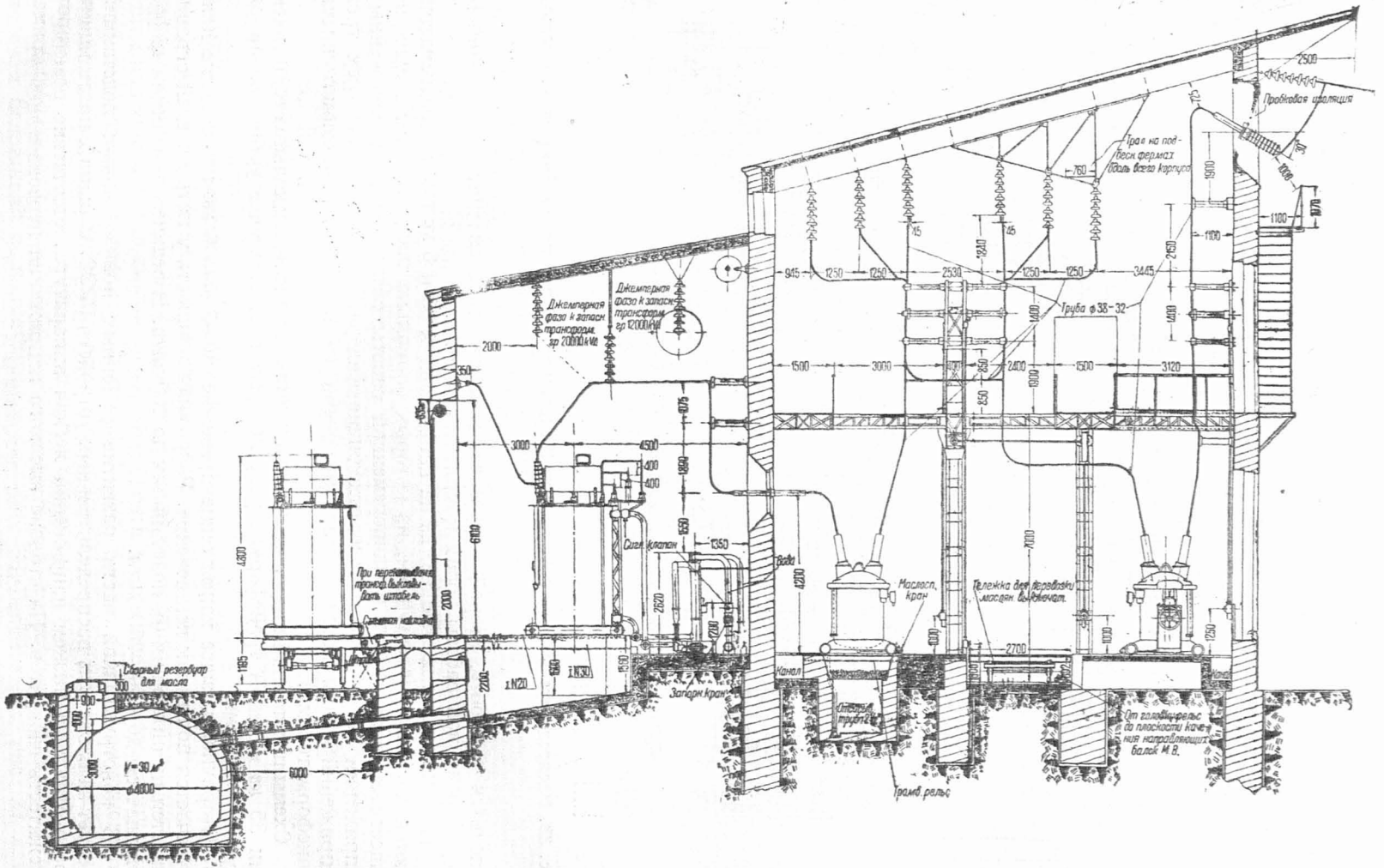


Рис. 37. Распределительное устройство 115-*кв* Кожуховской подстанции МОГЭС.

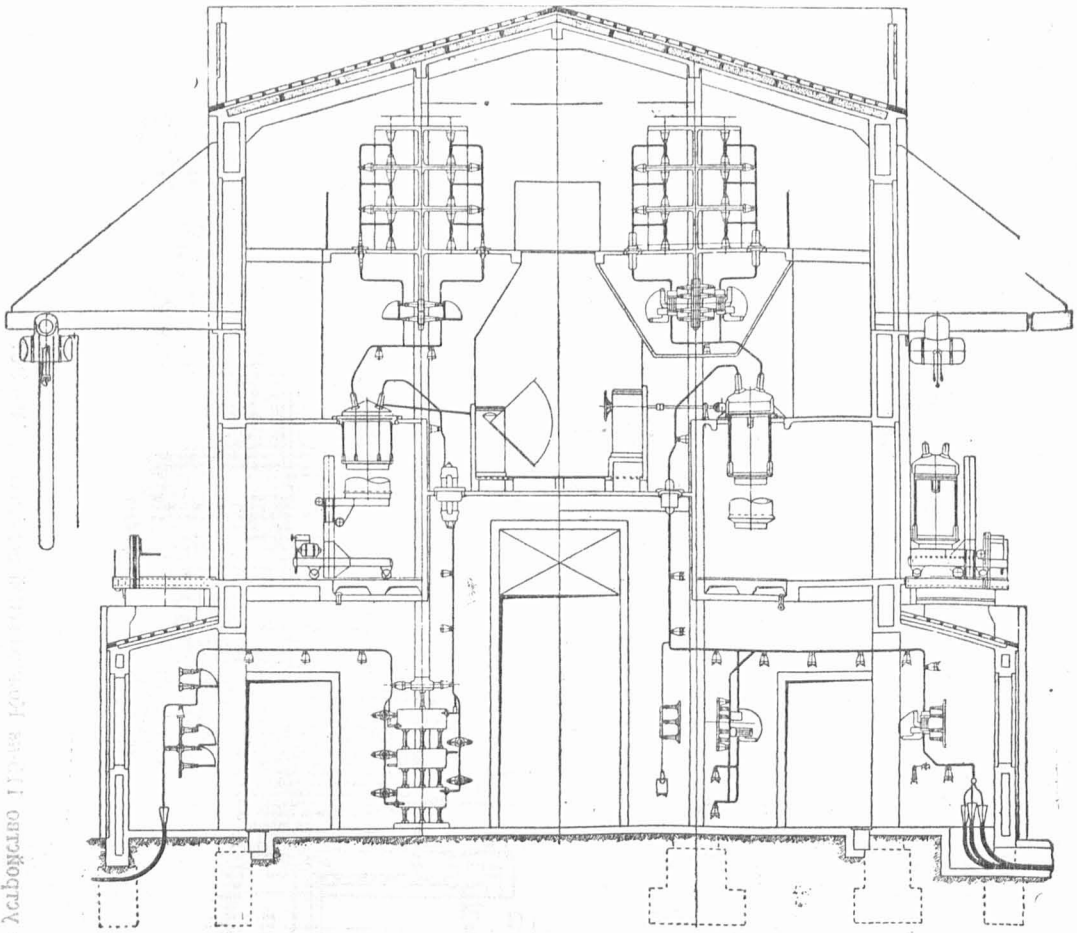


Рис. 38. Распределительное устройство 6-*кв* Сокольнический подстанции Московского кольца 110 *кв*.

находится в работе, второй в резерве, но схема предусматривает возможность и одновременной работы обоих комплектов шин.

По аналогии с частью 110 *кв* на напряжениях 35 и 6 *кв* также предусматриваются двойные системы шин, из которых нормально работает только одна, но существует возможность и одновременной работы обеих. От шин пониженных напряжений берут свое начало отходящие фидера. Сборные шины всех трех напряжений связываются устанавливаемыми на подстанции трехобмоточными трансформаторами.

Схемы подстанций второго типа отличаются от описанных только отсутствием шин 35 *кв* и типом трансформаторов, которые в этом случае устанавливаются двухобмоточными.

Вторичное низшее напряжение применяется обычно 6 *кв*; напряжение 10 *кв* встречается почти как исключение. Разрывная мощность у потребителей ограничивается на питающих их подстанциях до 100 *мгва*. В редких случаях эта цифра повышается до 150—250 *мгва*.

В конструктивной части развитие районных понизительных подстанций следует за развитием распределительных устройств ГРЭС. В ранних подстанциях преобладают на низком напряжении легкая аппаратура, отсутствие реакторов и сжатость габаритов. На стороне высокого напряжения первоначально приме-

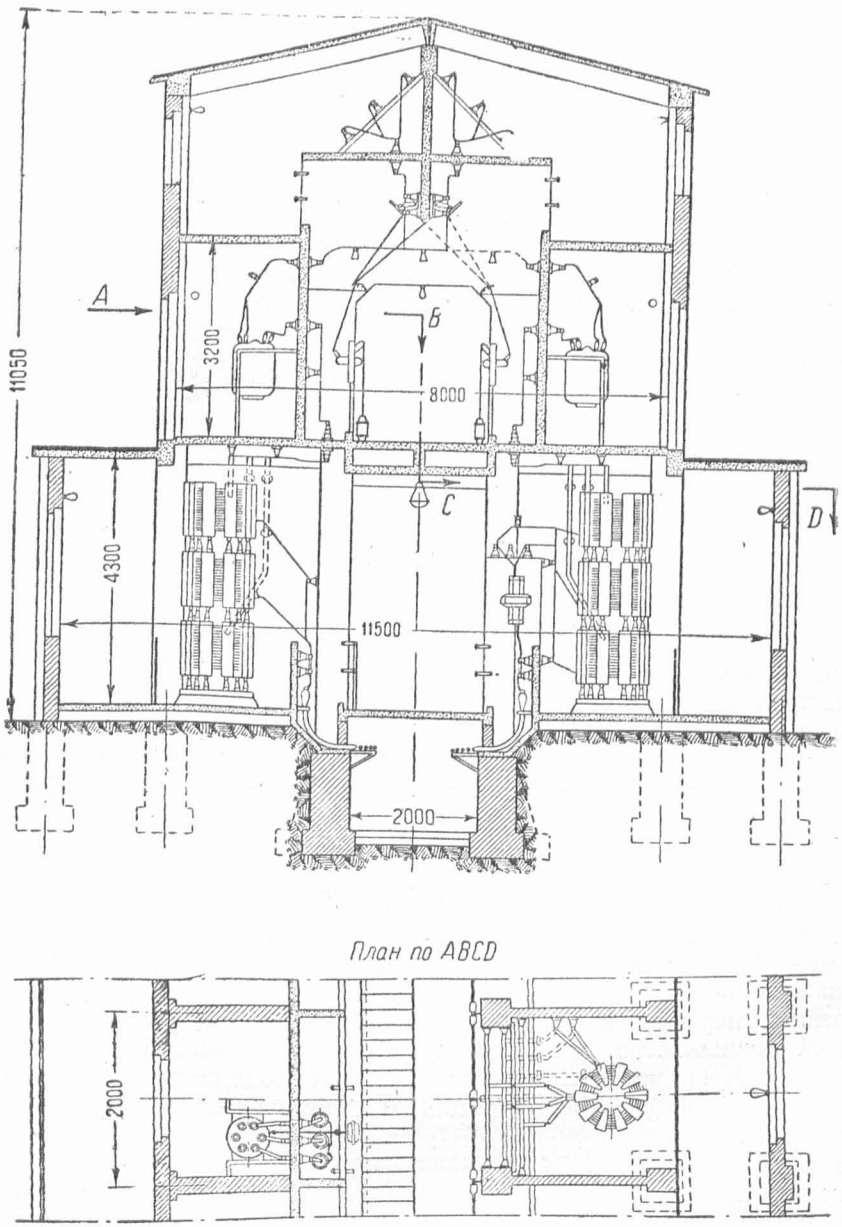


Рис. 39. Разрез распределительного устройства подстанции 6 *кв* реакторного типа по стандарту 1933 г. (Теплоэлектропроект).

няются только закрытые распределительные устройства с изоляцией масляных выключателей даже на 110 *кв*, в отдельные ячейки. Вместе с тем на некоторых установках наблюдается совмещение в одном здании распределительных устройств двух напряжений, что сильно снижает гибкость дальнейшего расширения, даже при сохранении первоначальной схемы и оборудования. Примером такого распределительного устройства сетевой подстанции 110/6 *кв* может служить Сормовская или Молитовская подстанции сети Горьковской ГРЭС (см. рис. 36).

Следующим этапом для распределительных устройств 110-киловольтных сетевых подстанций является применение типа «Hallenbau» (см. рис. 37 — Ко-

жуховская подстанция Могэс) и реакторов, мощных масляных выключателей и повышенной надежности в конструкциях на низком напряжении (см., например, распределительное устройство 6-*кв* Сокольнической подстанции кольца 110 *кв* Могэс на рис. 38).

Наконец, на напряжениях 110 и 35 *кв* в дальнейшем начинают применяться открытые распределительные устройства, аналогичные описанным выше распределительным устройствам повысительных подстанций ГРЭС. Для распределительных же устройств низкого напряжения (6 *кв*) дальнейшее развитие связывается главным образом с ростом трансформируемой мощности, мощностей короткого замыкания, ростом и усложнением сетей. Все это, наряду с концентрацией мощностей потребителей и увеличением ответственности в их электроснабжении, повышает требования к надежности распределительных устройств и обусловливает применение все более сложных и надежных конструкций, отвечающих новым условиям. Не прекращающаяся у нас работа над совершенствованием распределительных устройств дает возможность располагать теперь типовыми конструкциями (см. рис. 39), которые вполне удовлетворяют современным требованиям как эксплоатационного (централизация управления, наглядность схемы, простота ревизии аппаратуры и т. д.), так и монтажно-строительного порядка, т. е. облегчают производство строительных, монтажных и ремонтных работ, наряду с максимальной экономией строительных и монтажных материалов.

VII. Общие итоги и перспективы

Рассмотренные выше исторические этапы развития наших ГРЭС показывают, что и в количественном, и в качественном отношении электрификация нашей страны за чрезвычайно короткий период оказалась поднятой на весьма значительную высоту, несмотря на ожесточенную классовую борьбу, которую пролетариату Советского союза пришлось вести на фронте электроэнергетики. Ликвидация в 1930 г., т. е. в первой половине первой пятилетки, деятельности вредителей из «промпартии», отмеченной выше, не могла положить предел происках наших классовых врагов. Поскольку Советский союз продолжал существовать, развивая все время свою мощь, наряду с параллельным существованием враждебной ему капиталистической системы, классовая борьба в электроэнергетике не могла прекратиться. Иностранные капиталисты после полного провала организации подготовки интервенции изнутри при помощи российских контрреволюционеров («промпартия»), перешли на продолжение вредительской работы при помощи иностранных специалистов, работающих в Советском союзе. В 1933 г. была раскрыта новая группа вредителей, состоящая в большинстве своем из высшего технического персонала электростанций и действовавшая под руководством ряда инженеров английской фирмы «Метрополитен-Виккерс», работавшей в СССР много лет подряд по договору с Наркомтяжпромом об оказании технической помощи. Как выяснилось, ряд инженеров этой фирмы осуществлял в период с 1930 по 1932 г. при помощи подкупа ряда работников электростанций прямые диверсионные акты. На ряде станций, входящих в систему Мосэнерго, на Зуевской ГРЭС, на Ивановской ГРЭС, на Златоустовской ЦЭС, Челябинской ГРЭС, на Бакинской ЦЭС и на других были организованы систематические аварии котлов, ответственных моторов, турбин, генераторов, преднамеренные задержки монтажа и т. д., выводившие оборудование из строя на более или менее длительные сроки и понижавшие мощность электростанций.

Однако по сравнению с предыдущими вредительскими организациями эта группа представляла уже собой лишь слабые отголоски контрреволюции и не смогла заметным образом повлиять на колоссальный размах нашего электростроительства.

Та классовая борьба, которую пришлось вести пролетариату Советского союза на фронте электроэнергетики, объясняет многое из того, что мы должны

были зафиксировать при рассмотрении строительства наших первых электростанций. Вместе с тем все эти факты дают неопровержимые доказательства глубокой справедливости слов тов. Сталина: «Вредители есть и будут, пока есть у нас классы, пока имеется капиталистическое окружение. Но это значит, что коль скоро значительная часть старой технической интеллигенции, так или иначе сочувствовавшая ранее вредителям, повернула теперь в сторону советской власти, — активных вредителей осталось небольшое количество, они изолированы и они должны будут итти до поры, до времени, в глубокое подполье». Это обязывает нас к тщательному анализу пройденных этапов и к бдительности в дальнейшем.

Таким образом на протяжении всей первой пятилетки классовая борьба в электроэнергетике не прекращалась. Организованная воля многомиллионного пролетариата Советского союза и на этом фронте одержала полную победу в борьбе за генеральную линию партии, за электрификацию страны, за поднятие ее энерговооруженности.

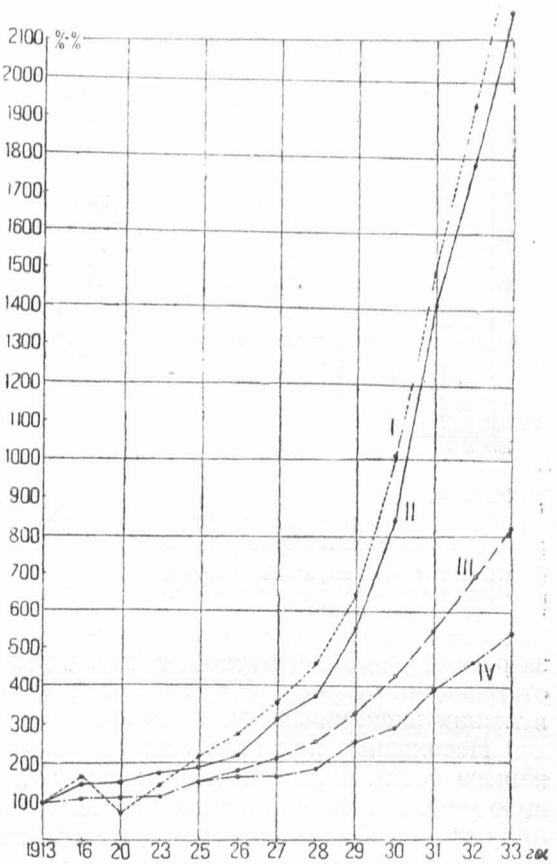


Рис. 40. Динамика роста электроэнергетической вооруженности СССР.

Кривая *I* — выработка энергии ГРЭС.
Кривая *II* — установленная мощность станций районного значения.
Кривая *III* — выработка энергии всеми станциями.
Кривая *IV* — установленная мощность всех станций.

Подводя итоги этой борьбы в части развития наших ГРЭС, на которых мы базируем развитие электрификации страны, необходимо прежде всего отметить громадный рост нашей энерговооруженности, возросшей, как это следует из рис. 2, приведенного выше, и из диаграммы рис. 40, примерно в 6 раз по установленной мощности и в 7 раз по выработке энергии по сравнению с 1913 г.

Если сравнить эти цифры с соответствующими показателями капиталистических стран, то значение их выделяется еще резче. Так, например, из табл. 5, дающей прирост суммарной выработки энергии электростанциями общественного пользования за период с 1929 по 1932 г. следует что темпы, которыми идет развитие электрификации Советского союза, поистине несоизмеримы. Из наиболее передовых в техническом отношении капиталистических стран только Англия и Италия заканчивают свой баланс роста

Таблица 5

Страны	Прирост (в млн. мегаватт-часов)	Выработка в % к 1929 г.
СССР	+ 7,12	211,3
США	— 14,0	84,8
Германия . . .	— 7,32	76,1
Франция . . .	— 0,8	94,5
Канада	— 1,94	89,2
Англия	+ 2,44	116,3
Италия	+ 0,51	105,2

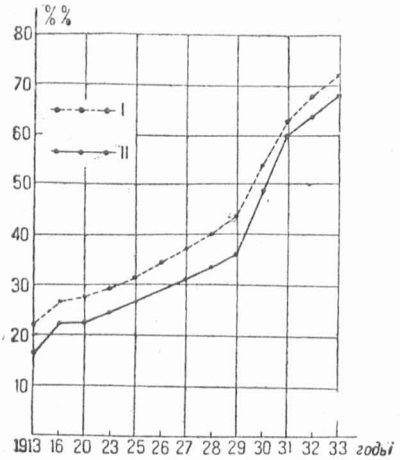
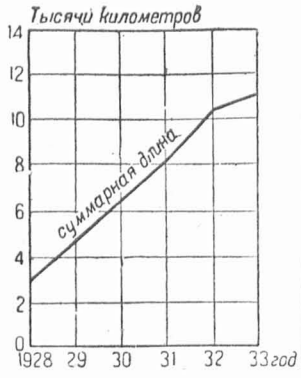


Рис. 41. Динамика удельного веса станций районного значения в энергохозяйстве СССР.

Кривая *I* — по выработке энергии.
Кривая *II* — по установленной мощности.



Годы	Напряжение в *кв*			
	20 и 35	110	160	220
	длина в километрах			
1928	1597	1300	—	—
1931	4247	3921	—	—
1932	4700	5300	200	—
1933	5400	6800	660	242

Рис. 42. Рост протяженности высоковольтных сетей СССР.

за рассматриваемый период с положительными показателями, далеко все же отстающими от роста СССР. Все остальные страны находятся на пути регресса, в тисках экономического кризиса.

Необходимо при этом еще учесть колоссальную разницу в самом качестве нашего роста. Выше было показано (см. рис. 2), что, начиная с 1930 г., ведущую роль в электрификации Советского союза занимают районные электростанции, работающие на местных дешевых или отбросных топливах и имеющие наиболее экономичные крупные агрегаты.

Рост удельного веса станций районного значения в электрохозяйстве СССР, динамику которого дает рис. 41, рост высоковольтных сетей (рис. 42), сопутствующий росту ГРЭС, и динамика роста удельного веса генераторов большой мощности на ГРЭС (рис. 43) — все это свидетельствует о совершенно специфических особенностях качества развития нашей электроэнергетики.

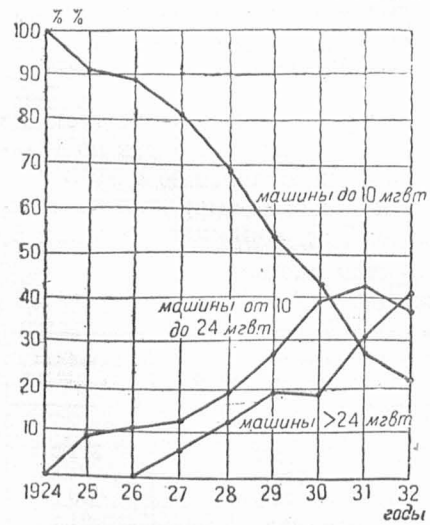


Рис. 43. Динамика удельного веса генераторов различной мощности на районных станциях СССР.

Интересно отметить, что, в отличие от капиталистических стран, мы имеем огромный рост гидравлических станций, требующих значительных первоначальных капиталовложений с относительно большим сроком строительства, т. е., другими словами, долгосрочного кредитования со стороны народного хозяйства (см. рис. 44). Самый факт, что СССР имеет возможность в таком темпе вести подобные работы, указывает одновременно на наш рост во всех других отношениях. Помимо этого постройка мощных гидростанций на Волхове, Днепре, Свири (см. табл. 4), не имеющих годового регулирования и требующих комбинирования с ними соответствующих тепловых станций, планового регулирования нагрузок потребителей и самого их

размещения, неоспоримо доказывает, что мы действительно идем по линии создания подлинно социалистической, рационально и технически обоснованной электроэнергетики.

Одновременно необходимо подчеркнуть, что эксплоатация наших ГРЭС идет весьма интенсивно. Если число часов использования среднегодового максимума на электростанциях в России в 1913 г. составляло 1 920 час., то в 1925—1926 гг. для суммарной установленной мощности СССР оно было равно примерно 2 570 час., а на районных станциях — 3 000. К 1931 г. для районных станций мы имеем уже 3 920 час. использования среднегодовой мощности и в 1933 г. — 3 960, что составляет 158% по отношению в 1913 г., в то время как для Англии максимальное среднее число часов использования мощности составляет для послевоенного периода 1 900, для Германии — на станциях общественного пользования — около 2 000, в США рекордная цифра, относящаяся к 1929 г., составляет 3 138 час.

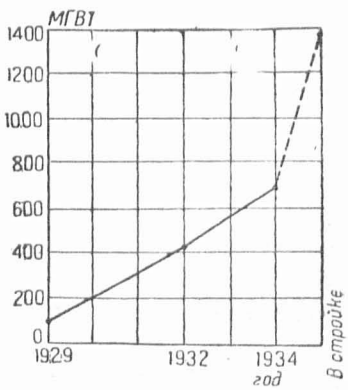


Рис. 44. Рост суммарной мощности гидростанций СССР.

Чрезвычайно показательно также сопоставление расхода топлива на наших ГРЭС в начале и в конце первой пятилетки, приведенное в табл. 6. Оно показывает, что мы добились значительных успехов как раз по линии использования местных топлив и что, например, по подмосковному или уральскому углю мы имеем большую эффективность использования, чем по донецкому. Одновременно мы получили высокое использование торфа, приближающееся к эффективности угля.

Учитывая, что мы начали работу на торфяных станциях с расходом угля в 2 *кг/квт-час*, нельзя не констатировать чрезвычайно больших успехов в вопросе использования местных топливных ресурсов.

Общая же динамика удельного расхода условного топлива по районным станциям СССР, сравнительно с данными по США, приведенная в табл. 7, показывает, что мы идем уже на одном уровне со станциями общественного пользования Америки.

Таким образом общие итоги эксплоатационных показателей работы наших ГРЭС стоят достаточно высоко, хотя борьба за их дальнейшее улучшение, уже за счет совершенствования оборудования ГРЭС, продолжается все время с той же интенсивностью.

Переходя к дальнейшим перспективам развития ГРЭС, прежде всего отметим, что программа строительства непосредственно 1934 г., суммарные цифры которой приведены в табл. 8, и планы последующих годов второй пятилетки

Таблица 6

Удельные расходы топлива по районным станциям СССР

	1928 г.	1932 г.
ГРЭС на торфу	0,759	0,723
„ „ антрацит. штыбе .	0,886	0,741
„ „ подмосковном угле	1,060	0,660
„ „ уральском угле .	0,965	0,644
„ „ донецком угле . .	1,118	0,686
„ „ нефти	—	0,687
„ „ смешанн. топливе	0,865	0,828

Таблица 7

Удельные расходы условного топлива

Год	Основные ГРЭС	Среднее по всем ГРЭС	Среднее по станц. обществ. пользов. США
1913	1,06	1,06	—
1927	0,89	0,95	0,84
1929	0,76	0,84	0,76
1932	0,71	0,77	0,70

Таблица 8

Установленная мощность первых очередей ГРЭС, строящихся в 1934 г.

ГРЭС		Новые	Продолж. стр-вом	Расширяемые	Итого
Конденсационные .		296	345	280	921
Теплофикационные .		386	319	158	863
Гидравлические . .		534	283	221	1 038
Всего . .	*мгвт*	1 216	947	659	2 822
	%	43	33,5	23,5	100

продолжают основные тенденции в развитии нашей электроэнергетики, отмеченные выше. Программа 1934 г. предусматривает дальнейшее укрепление и развитие основных промышленных районов (Москва, Ленинград, Донбасс, Урал), дальнейшее развитие энергетической базы в районах с быстро растущей промышленностью (Приднепровье, Горьковский край, Средняя Азия и т. д.) и включает начало сооружения новых гидростанций (Пермской — на Каме и Ярославской — на Волге), являющихся первым этапом развития грандиозной проблемы реконструкции Волги для целей ирригации, транспорта, производства электроэнергии и т. д. Из строящихся станций 62% будут работать на существующие районные сети. 38% представляют собой первые установки централизованного электроснабжения во вновь электрифицируемых районах.

Так как по плану второй пятилетки СССР должен развить свою электроэнергетику до пределов, ставящих нас на первое место в Европе и на второе место в мире непосредственно после США, то следует предвидеть дальнейшее развитие большого числа наших ГРЭС уже по типу сверхмощных. Схемы их в значительной степени будут взаимозависеть от конфигурации и условий работы высоковольтных сетей.

Развитие не только районных, но и интерконнированных сетей, полное освоение напряжения 220 *кв*, переход к 380 *кв* и дальнейшее усложнение вследствие этого схем высоковольтной части станций уже сейчас вызывают к жизни предложения полного секционирования станций по типу блоков: «котел — турбина — генератор — трансформатор — линии», при объединенном резервировании систем также целыми блоками и с применением синхронизации их через нагрузку. Аналогичные тенденции вызываются к жизни и ростом мощных ТЭЦ в отношении связей генераторов через сеть генераторного напряжения.

Усложнение эксплоатации вместе с повышающимися требованиями к диспетчерской службе должно привести к развитию автоматизации управления, в особенности для гидростанций.

В связи с этим и в части оборудования можно предвидеть широкое внедрение в схемы станций и подстанций трансформаторов с регулировкой под нагрузкой, широкое распространение новых типов выключающей аппаратуры, бронированных распределительных устройств низкого напряжения, дальнейшее улучшение установок собственного расхода, — способов их регулирования (применение гидромуфт) и дальнейшее повышение надежности конструктивного выполнения подстанций с переходом на более совершенную аппаратуру (широкое применение масляных выключателей вместо треншальтеров и т. д.), к выпуску которой в ближайшее время приступает наша электропромышленность.

Декабрь, 1933 г.
Москва.

Б. КУЗНЕЦОВ

У истоков электромеханики

1. Электричество вне энергетического хозяйства

Электромагнетизм, измерительные приборы и телеграфные аппараты. Усовершенствование гальванических элементов. Характер электрохимии середины XIX в.

Электротехника впервые появилась в эпоху господства паровой техники. Поэтому первыми применениями электричества были телеграф, затем городское освещение и, наконец, городской транспорт. Здесь паровая база механического производства требует электричества для тех областей, в которых уровень централизации превышает по своим техническим требованиям общий уровень капиталистической централизации промышленности. Для информации, газет, биржи, государственного аппарата, армий и т. д. нужен был электрический телеграф, для крупных городов, возникших после того, как промышленность была освобождена паровой машиной от прикрепления к рекам, нужно было электрическое освещение и затем — электрический транспорт. В этих областях электричество было применено в качестве дополнения к господствующей паровой и механической технике. Результатом первых применений электричества была электромеханика, т. е. такое соединение механической и электрической техники, когда электричество служит дополнительным агентом или промежуточным звеном системы механического производства.

Первая ступень — электрический телеграф — еще не осуществила такой связи, так как находилась вне силового хозяйства, но позднейшие ступени сделали механическую работу основным источником электричества.

Уже первый факт истории телеграфа в XIX в. возвращает нас к истокам творчества предшественников Фарадея. Обычно историю телеграфа начинают с рассказа о том, как в 1809 г. оптический телеграф Шаппа передал Наполеону весть о поражении его баварского вассала, курфюрста Макса-Иосифа. Быстрота передачи известия позволила Наполеону в две недели выгнать австрийцев из Баварии, и это толкнуло баварского ученого Земмеринга к изобретению электрического телеграфа [1]. В действительности этот случай не играл приписываемой ему роли, но он вскрывает характерную связь техники с нуждами войны, государственной централизации и т. п. Мы уже видели [2], что в этом отношении континентальная блокада и наполеоновские войны были продолжением революционной эпохи. Напомним, что первой депешей, переданной по телеграфу Шаппа, было постановление Комитета общественного спасения.

Поэтому телеграф Земмеринга ни в коем случае не может считаться началом телеграфной техники и даже началом новой эпохи ее развития. Земмеринг отличается от конструкторов XVIII в. применением гальванического тока для телеграфа, но к этому, как мы видели, пришел в 1800—1804 гг. и Сальва. Особенностью прибора Земмеринга является использование электролиза как сигнала при приеме телеграммы [3]. В плоском стеклянном сосуде помещались 25 золотых

[1] Zauger, Samuel Tomas von Sömmering, 1891.
[2] См. «История техники», вып. II.
[3] Du Moncel, Exposé des applications de l'électricité 1858, II, 108.

штифтиков, погруженных в воду. Когда пара штифтов соединялась с источником тока, поднимавшиеся пузырьки свидетельствовали, что передается буква, соответствующая данной паре. Для вызова телеграфиста к аппарату применялся особый прибор. Пузырьки поднимали устроенный в виде перевернутой ложки конец рычага, который сбрасывал при этом металлический шарик на звонок. Впоследствии Земмеринг упростил свой аппарат и перешел к двум проволокам и штифтам, причем буквы обозначались комбинациями различных по продолжительности включений тока.

Но и в этом виде телеграф Земмеринга не получил применения. Для создания электрического телеграфа были нужны не только запросы буржуазного производства, но и созданные этим производством научно-технические предпосылки. Последние возникли в 20-х годах XIX в. и заключались в электромагнитных явлениях, открытых Эрстедом, Араго и Ампером, т. е. в предфарадеевской странице истории электричества. На этой базе и вырос электрический телеграф. Следовательно, первые звенья электрической техники опирались не на открытия Фарадея, а на предшествовавшие работы. Основным в первоначальной электрической технике было не получение электричества на основе электромагнитной индукции, а, наоборот, магнитные действия гальванического электричества. Электромагнетизм еще не был основой генерирования электричества, а применялся лишь для его обнаруживания. Последнее было необходимо, во-первых, для лабораторных измерений, и поэтому 30—60-е годы характеризуются значительным количеством новых электроизмерительных приборов, и, во-вторых, — в производственной технике — для передачи сигналов посредством электричества.

Приборы, при помощи которых Эрстед и другие обнаруживали магнитное поле тока, измерительные приборы первой половины XIX в. и, наконец, первые электромагнитные телеграфные аппараты в своей основе почти тождественны.

Мы видели, что открытие электромагнетизма особенно на французской почве, стало основой математической интерпретации электрических явлений, получившей свое наиболее полное развитие в электродинамике Ампера. Но для этого нужен был не только высокий уровень математических знаний, но и возможность точных измерений. Измерительная техника, как это уже указывалось выше, была специфической чертой промышленного переворота на континенте. После открытия Эрстеда эта техника приобрела новую область применения. Количественная связь между током и магнитными силами стала основой для измерения этих токов. Для того чтобы превратить прибор Эрстеда в измерительный прибор, необходимо было лишь увеличить эффект слабых токов. Это было выполнено Швейгером (1779—1857), который обвел магнитную стрелку большим количеством витков и создал таким образом мультипликатор. Это изобретение было сделано в 1820 г. В следующем году Поггендорф придал мультипликатору настолько совершенную форму, что он мог получить широкое распространение в лабораториях. В эти годы в области измерительных приборов открытие следовало за открытием. В 1825 г. Нобили усовершенствовал гальванометр с астатической стрелкой [1]. В 1826 г. Беккерель [2] сконструировал еще более совершенный гальванометр, включающий две обмотки. В 30-х годах конструирование измерительных приборов ярко показывает свою связь с применением математического анализа к электричеству в работах Гаусса и Вебера [3]. В 40-х годах особенно важным было изобретение Уитстоном [4] его известного «мостика», а из дальнейших работ в этом направлении — гальванометр Депре-д'Арсонваля. В последнем был осуществлен несколько новый принцип: магнит был неподвижным, а двигалась

[1] Du Moncel, Exposé des applications de l'électricité, I, Paris 1856, p. 437.
[2] Там же, стр. 433.
[3] Там же, стр. 432.
[4] „Proc. Roy. Soc.," XVIII, p. 24

катушка, по которой проходил измеряемый ток, но и этот гальванометр был основан на дофарадеевских открытиях.

Все измерительные приборы, начиная от мультипликатора Швейгера, тесно связаны с электромагнитным телеграфом. Эта связь заключается в едином принципе, на котором основана работа измерительных приборов и телеграфных аппаратов, в их общей конструктивной форме и, наконец, в том обстоятельстве, что изобретатели измерительных приборов были первыми конструкторами электромагнитного телеграфа.

Еще в 1820 г. Ампер указывал, что посредством проводников и магнитных стрелок, равных числу букв в алфавите, и при помощи батареи возможно устроить род телеграфа. Это не заставило себя ждать.

В 30-х годах Шиллинг воспользовался мультипликатором для передачи сообщений. Приемная станция состояла из нескольких мультипликаторов. Комбинация движений магнитных стрелок являлась сигналом, обозначающим определенную букву или число. Это изобретение не получило практического применения. Первым осуществленным электромагнитным телеграфом была линия протяжением в 60 *км*, построенная Куком и Уитстоном [1] в 1837 г. на участке Бирмингамской железной дороги. За четыре года до этого Гаусс и Вебер соорудили электромагнитный телеграф между своими лабораториями в Мюнхене [2]. В аппарате Гаусса и Вебера для передачи сигналов был применен сконструированный ими гальванометр. Он был усовершенствован Штейнгелем, который предложил пользоваться землей в качестве обратного провода. Все это, однако, не выходило за рамки лабораторных опытов и опытных установок. Только в 40-х годах телеграфный аппарат Морзе [3], который был основан на притяжении якоря к электромагниту, т. е. на ином принципе, чем аппараты Шиллинга, Уитстона и Гаусса, получил широкое распространение сначала в Америке, а потом и в Европе. Физический принцип, который нашел здесь свое воплощение, также восходит к электродинамике 20-х годов XIX в., так как он был открыт Араго.

Электромагнитный телеграф был первой областью широкого практического применения электричества. Поэтому с развитием электромагнитного телеграфа связан целый ряд поступательных шагов электрической техники. В это время создалась техника линий слабого тока постоянного напряжения (изоляция, кабели). В области теории эпоха телеграфа принесла ряд работ, посвященных известному уравнению телеграфа, отражавших результаты наблюдений за прохождением тока по проводникам и связанные с этими наблюдениями теоретические обобщения. Однако основные работы этого периода относятся к электрохимии. Источником тока для телеграфа являлись гальванические элементы, родоначальником которых был вольтов столб. Здесь нужно обратить внимание на следующее обстоятельство. Весь прогресс техники в области гальванических элементов, начиная от Вольты и кончая современными батареями, относится не к электричеству, а к химии. Электрические свойства гальванических элементов очень мало изменились за все это время, и не с этой стороны подходили к гальваническим элементам многочисленные изобретатели. Здесь нужно было прежде всего обеспечить непрерывное течение химических реакций, результатом которых являлся ток. Первая задача заключалась в том, чтобы цинк, которым пользовались Вольта и Дэви, не растворялся пока не включен ток. В 1828 г. Кемп нашел, что цинковая амальгама обладает необходимыми для этого свойствами. С 1830 г. цинковые пластинки начали покрывать амальгамой. Вторая задача заключалась в устранении поляризации. Элемент Даниэля [4] (1838 г.) устранил поляризацию приме-

[1] Du Moncel, II, p. 149.
[2] Feierabend, Der Telegraph von Gaus und Weber im Werden der elektrischen Telegraphie, 1933.
[3] Там же, II, стр. 85.
[4] Там же, стр. 101.

нением двух несмешивающихся жидкостей. Грове [1] (в том же 1838 г.), устранив возникавшие при этом ненужные химические реакции, окончательно решил задачу. Третья проблема, решенная электрохимией в 30—40-х годах, была поставлена широким промышленным использованием гальванических элементов, требовавшим дешевых материалов. Она была решена элементом Бунзена с его угольными стержнями. К гальванотехнике примыкает изобретение и усовершенствование аккумуляторов. Последнее было также достигнуто методами химической технологии.

Мы видим, что электрохимия первой половины XIX в. коренным образом отличается от современной электрохимии. Сейчас под электрохимией понимают применение электричества для химических превращений вещества. В ту эпоху, о которой мы говорим, электрохимия заключалась в обратном. Получение электричества и весь прогресс в этом деле зависел от успехов химии. В эпоху телеграфа, т. е. в первую эпоху практического применения электричества химия была его универсальным источником.

II. Послефарадеевский период теории электричества

Революция 1848 г. и послереволюционные позиции естествознания. Энгельс о теории электричества. Вебер, Видеман и другие. Эмпиризм. Контактная теория. Контактная теория и закон сохранения энергии. Технические корни теорий середины XIX в.

Итак, электротехника 40—50-х годов характеризуется отсутствием *энергетического значения* применявшихся процессов. Поэтому химические реакции, бывшие источником электричества, не рассматривались как энергетические процессы, переход которых в электричество подчиняется закону сохранения энергии. Отсюда характерные черты теорий этой эпохи. Нужно прежде всего подчеркнуть, что электрохимия гальванических элементов опиралась не на работы Фарадея, а на работы его итальянских и английских предшественников, также как соответствующая электромагнитная техника (телеграф) опиралась на работы французских предшественников Фарадея. И та, и другая область не входила в состав энергетического хозяйства, находившегося под безраздельным господством пара.

Наряду с ограниченностью электротехники действовала другая причина — развитие консервативной приверженности к традиционным воззрениям и идеалистическая реакция, ознаменовавшая вторую половину века. Наиболее яркое проявление этой реакционной волны — антидарвинизм, но она не ограничивалась биологией и началась еще в 50-х годах. Переломный пункт отхода буржуазии на реакционные позиции — революция 1848 года.

«Так называемые революции 1848 г. были лишь мелкими эпизодами — ничтожными щелями и трещинами в твердой коре европейского общества. Но они обнаружили под ней бездну. Под поверхностью, казавшейся твердой, обнаружился необъятный океан, которому достаточно притти в движение, чтобы разбить на части целые материки из твердых скал. Шумно и беспорядочно провозгласили они освобождение пролетариата — эту тайну XIX столетия и его революции. Правда, эта социальная революция не была изобретением 1848 г. Пар, электричество и автоматические станки были несравненно более опасными революционерами, чем граждане Барбес, Распайль и Бланки. Но хотя атмосфера, в которой мы живем, давит на каждого из нас с тяжестью в 20 000 фунтов, чувствуете ли вы это? Так же мало, как мало европейское общество до 1848 г. чувствовало революционную атмосферу, которой оно было окружено и которая давила на него со всех сторон» [2].

[1] Feierabend, Der Telegraph von Gaus und Weber im Werden der elektrischen Telegraphie, 1933, стр. 69.

[2] Маркс, Революция 1848 года и пролетариат, Соч., т. XI, стр. 5.

После 1848 г. буржуазия почувствовала «давление революционной атмосферы», и это давление сковало буржуазную мысль во всех ее проявлениях. Титанический размах естествознания XVII в., всесторонняя ломка всей суммы человеческих знаний, начатая в XVIII в. и продолженная в начале XIX в., — все это значительно потускнело и наряду с дальнейшими поступательными шагами естествознания все большие позиции захватывает трусливое крохоборчество эпигонов. Принцип дальнодействия превратился в боязнь всяких физических моделей, выходящих за рамки непосредственного наблюдения.

Вильгельм Эдуард Вебер (1804—1891).

Наиболее крупным и типичным представителем этого направления является Вильгельм Эдуард Вебер (1804—1891 гг.). Выше упоминалось об изобретенном им совместно с Гауссом электромагнитном телеграфе. Они же установили абсолютную систему электрических мер. Веберу принадлежит закон взаимодействия элементов тока. Характерные особенности творчества Вебера являются характерными для всей эпохи. К нему примыкают работы Наумана, Римана и, наконец, Видемана. Последний получил бессмертье тем же путем, что и Дюринг, так как статья Энгельса об электричестве содержит развернутую критику видемановской «Lehre vom Galvanismus und Elektromagnetismus», критику, охватившую совокупность господствовавших в то время взглядов.

Прежде всего Энгельс обрушивается на эмпиризм, охвативший учение об электричестве. Отсутствие сколько-нибудь широкого применения электричества в промышленности концентрировало внимание теории лишь на одной области явлений и препятствовало созданию единой теории. Отсюда — принижение теоретического уровня и односторонний эмпиризм в учении об электричестве.

«Благодаря этому рыхлому, разлезлому состоянию учения об электричестве, делающему пока невозможным установление какой-нибудь всеобъемлющей теории, и возможно то, что в этой области царит односторонний эмпиризм, тот эмпиризм, который запрещает даже самому себе мышление, который именно поэтому не только мыслит ошибочно, но и оказывается не в состоянии верно следовать за фактами или хотя бы верно излагать их и который, следовательно, превращается в нечто противоположное действительной эмпирии» [1].

Вебер был последовательным сторонником этой школы эмпириков, которые с ограниченным самодовольством ремесленника третировали философию естествознания. Энгельс показывает, куда ведет этот метод. Как известно, Вебер объяснял электрический ток течением в противоположные стороны двух разноименных электричеств. «При более подробной математической разработке этой теории Вебер приходит под конец к тому, чтобы помножить некоторую — здесь неважно, какую, — функцию на величину $\frac{1}{r}$, где это $\frac{1}{r}$ означает отношение единицы [электричества к миллиграмму. Но отношение к весомой массе может, разумеется, быть только весовым отношением. Односторонний эмпиризм, увлекшись своими выкладками, настолько отучился от мышле-

[1] Энгельс, Диалектика природы, Соч. М. и Э. т. XIV, стр. 599.
Wiedemann, Lehre vom Galvanismus und Elektromagnetismus, Aufl. III, стр. 569.

ния, что невесомое электричество становится у него здесь уже весомым и вес его входит в математические выкладки [1].

Энгельс указывает на связь между эмпиризмом и консервативной защитой о т ж и в ш и х представлений, и прежде всего к о н т а к т н о й т е о р и и. «Исключительный эмпиризм, позволяющий себе мышление в лучшем случае разве лишь в форме математических вычислений, воображает себе, будто он оперирует только бесспорными фактами. В действительности же он оперирует преимущественно традиционными представлениями, устаревшими большей частью продуктами мышления своих предшественников вроде положительного и отрицательного электричества, электрической разъединительной силы, контактной теории. Последние кладутся им в основу бесконечных математических выкладок, в которых из-за строгости математических формул легко забывается гипотетическая природа предпосылок» [2].

Контактная теория целиком соответствовала той ступени технического развития, когда молекулярное движение еще не было применено, когда переходы энергии и ее единство не были вскрыты, — одним словом — допаровой технике. В XIX в. эта теория держалась по традиции. Если Вольта приписывал контакту металлов электровозбудительную силу, то эти представления еще не противоречили основной массе наблюдений. Но электрохимия показала наличие химических процессов при возникновении электричества в гальванических элементах. Электрическая цепь оказалась аппаратом для превращения химической энергии в электрическую. По традиции в ней продолжали видеть источник электричества. При этом указывали, что контакт обладает особой «разъединительной силой», которая пропорциональна электродвижущей силе. Энгельс разоблачает физическую бессмысленность этой математически безупречной «пропорциональности». «Разъединительная сила» — это свойство цепи превращать химическую энергию в электричество, а электродвижущая сила — это сама химическая энергия, появившаяся в электрической форме. «Эта пропорциональность между неэнергией и энергией относится, очевидно, к области той самой математики, в которой фигурирует «отношение единицы электричества к миллиграмму» [3]. Энгельс простым примером показывает нелепость подобных построений. Причиной полета снаряда является сжигание пороха, но инструментом для этого превращения является оружие. «И если артиллерийская техника обходилась до сих пор во всех армиях без допущения особой огнестрельной силы орудия, то непростительно для науки об электричестве допускать какую-то аналогичную этой огнестрельной силе «электрическую разъединительную силу», в которой нет абсолютно никакой энергии и которая, следовательно, не может произвести сама по себе работы даже в миллионную долю миллиграмм-миллиметра».

Таким образом контактная теория явно противоречила закону сохранения энергии. Между тем она господствовала в эпоху торжества этого закона. Причина — в указанном выше своеобразном, «неэнергетическом» характере электрической техники этой эпохи.

Во-первых, здесь сказался приоритет явлений, происходящих в проводниках. В явлениях п о л я проявляется реальное единство положительного и отрицательного электричества, а изолированно взятые проводниковые явления придают этому единству вид неустранимой противоположности. Техника классического капитализма позволила метафизической фикции противоположных электрических жидкостей сохранить кое-какие позиции в учении об электричестве, несмотря на противоречие между этой фикцией и общим духом естествознания XIX в. «Чтобы получить электрическую разъединительную силу, — пишет Энгельс, — нужно отнестись серьезно к фикции двух электрических жидкостей.

[1] Э н г е л ь с, Диалектика природы, Соч. М. и Э. т. XIV, стр. 599, подчеркнуто Энгельсом.
[2] Там же, стр. 599.
[3] Там же, стр. 616.

Чтобы извлечь эти жидкости из их нейтральности и придать им их полярность, чтобы оторвать их друг от друга, для этого необходима известная затрата энергии — электрическая разъединительная сила» [1].

С другой стороны, представление о происхождении электричества из простого свойства цепи могло удерживаться лишь до тех пор, пока количество энергии не стало основным понятием электрической техники, т. е. пока электрические линии передавали не энергию, а с и г н а л ы.

Таким образом характерные черты учения об электричестве 40—60-х годов находят свое объяснение в особенностях технического и общественного развития эпохи. Но это не значит, что эти черты исчезли вместе с эпохой. Напротив, они продолжают существовать поныне. Колесницу теории электричества влекли разные кони, и все они оставляли определенные наслоения в ее поистине авгиевых конюшнях. В учении об электричестве и сейчас живут таинственные «силы», появившиеся в 40—50-х годах XIX в. Что же касается претенциозного эмпиризма, математизирующей ограниченности, трусливо-презрительного игнорирования физического смысла теории, мистического дальнодействия — все это получило еще большее развитие, конечно, на новой основе и часто в новых формах. Поэтому стрелы энгельсовой критики оказались направленными против современной метафизики в учении об электричестве.

III. От Фарадея до Депре

Электрическое освещение. Первые генераторы. Коммутация. Электромагниты. Самовозбуждение. Машина Грамма. Двигатели. Принцип обратимости. Марсель Депре и первые высоковольтные передачи. Общий характер развития электротехники 60 — 70-х годов.

Уже гальванопластика, открытая Якоби в 1837 г., но распространившаяся гораздо позже, во второй половине века, принципиально отличается от гальванических элементов тем, что здесь электричество является не результатом, а исходным пунктом процесса. Поэтому гальванопластика вызвала новые, уже не химические методы получения тока. Но гальванопластика не получила такого широкого развития, которое могло бы вызвать новую эпоху в электротехнике. Поэтому новая эпоха связана со второй областью применения электричества в эпоху пара— с электрическим освещением.

В последнем счете электрическое освещение исторически связано с паровой техникой. Эпоха промышленного капитализма еще не требовала электричества для централизации производственной энергетики, но его потребовала централизация населения в городах. Победа крупной промышленности, связанная с механическим переворотом и применением пара, сопровождалась быстрым ростом больших городов. В 70-х годах развитие городов потребовало новых источников света. 70-е годы — это эпоха, когда освещение стало основным применением электричества. Применение электричества для освещения коренным образом отличается от его применения для телеграфа. В телеграфе передается не энергия, а сигнал, который, конечно, не сводится к физическому эффекту тока. Передача энергии при телеграфе — это не содержание, а неустранимое условие техники. Поэтому телеграф не входит в область энергетической техники. Иное дело освещение. Здесь задача электротехники заключается в превращении электричества в теплоту и свет, т. е. передаче энергии с трансформацией ее на конечном пункте. Поэтому электрическое освещение выдвинуло на первый план проблему э н е р г и и. Конечно, это было лишь первой ступенью э н е р г е т и ч е с к о й фазы истории электричества. Для полного применения электричества как носителя единства и сохранения энергии нужно, чтобы некоторая форма энергии превращалась в электричество и затем обратно — в ту же форму. При этом понятие энергии становится основным понятием электричества. Такой переход осуще-

[1] Э н г е л ь с, стр. 616.

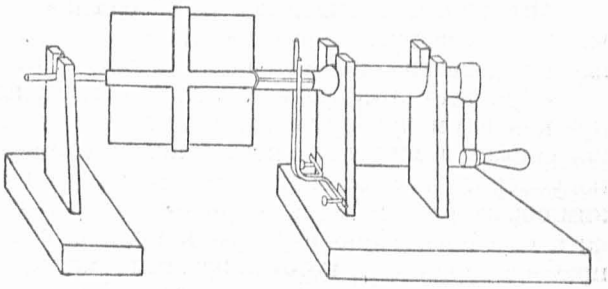
ствляется электрической передачей механической работы, но уже освещение заставило перейти к тем способам получения электричества, которые экономичны с энергетической стороны.

Первая осветительная установка (Лондон, 1853 г.) питалась от гальванической батареи. Но уже в 60-х годах вспомнили об электромагнитных генераторах. Генераторы этой эпохи впервые были применены для гальванопластики и вырабатывали постоянный ток. Для самого освещения использовалась вольтова дуга. Основным недостатком дуговых ламп была необходимость регулирования. Первоначально регулирование производилось рукой, а впоследствии — автоматически, втягиванием стержня в катушку, на которую навит проводник, при возрастании силы тока и выталкиванием его при ослаблении тока. Однако это устройство, примененное в лампе Жаспара [1] и других, не годилось для большого числа ламп, а между тем именно в возможности многолампового освещения из одного источника заключалось преимущество электричества. Переломным моментом в истории электрического освещения явилось изобретение Яблочкова, который поместил угольные стержни параллельно друг другу, так что сгорание не увеличивало расстояния между ними. Но так как положительный электрод сгорает быстрее, то непрерывная работа свечи Яблочкова требовала переменного тока. Дальнейшее развитие электрических ламп вернулось к постоянному току, так как оно заключалось в распространении ламп накаливания. Изобретение лампы накаливания является характерным доказательством необходимости определенных исторических условий для реализации старых технических идей. В 1840 г. Грове пропускал ток через платиновую проволоку, которая нагревалась и светилась. В 70-х годах были изготовлены тонкие угольные нити, причем их помещали в стеклянный безвоздушный сосуд. И все же, несмотря на наличие этих элементов, практически применимая лампа накаливания появилась лишь в 80-х годах. Для технического оформления лампы накаливания требовалась очень высокая ступень концентрации производства, при которой исследовательская работа получила уже не кустарную, а крупнопромышленную организацию. Необходимо было проделать такое громадное количество разнообразных экспериментов, которое было не под силу ученым-одиночкам в мелких мастерских и лабораториях. Это оказалось под силу Эдисону, который при наличии исключительного изобретательского гения организовал фабрику изобретений по типу большого капиталистического предприятия.

Таким образом эпоха 70-х и 80-х годов характеризуется применением электричества сначала в гальванопластике, а потом и в освещении, причем последнее быстро превратилось в основную и главную сферу его применения. В некоторых случаях требовался переменный ток (свеча Яблочкова), но его основные преимущества в то время не могли быть реализованы. Электричество применялось лишь в ограниченной, непромышленной области, и степень концентрации электрохозяйства еще не вызвала к жизни тех масштабов в генерировании и передаче энергии, которые натолкнулись на границы, поставленные постоянным током. Поэтому для 70-х и 80-х годов характерно применение постоянного тока. Но уже в эту эпоху сказалось противоречие между электромагнитной индукцией и постоянным током. Известно, что непосредственное получение постоянного тока без всякой коммутации, на основе электромагнитной индукции, невозможно. Величина индуктированной в проводнике электродвижущей силы находится в таком соотношении с магнитным потоком, при котором неизменное направление ее требует, чтобы изменение магнитного потока происходило все время с одним знаком, т. е. чтобы магнитный поток непрерывно и беспредельно возрастал или убывал. Так как это невозможно, а возможно лишь периодически меняющееся направление изменения магнитного потока, то в машинах, основанных на электромагнитной индукции, непосредственно получается пере-

[1] Du Moncel, III, стр. 231.

менный ток, и, для того чтобы его превратить в постоянный, необходимо коммутирование. Это относится и к униполярным машинам, включая диск Фарадея, где щетка соприкасается все время с новыми элементами диска, который и является поэтому коллектором.



Машина Фарадея с прямоугольным контуром, вращающимся в магнитном поле земли.

Фарадей, после того как он открыл электромагнитную индукцию, сконструировал целый ряд модификаций генератора. В одном из них он пользовался сильным постоянным магнитом и помещал медный диск диаметром около 30 *см* и толщиной около 3 *мм* между его полюсами. Проволоки скользили по амальгамированному кольцу на оси диска и амальгамированному краю его [1]. Другой формой, осуществившей тот же принцип, была магнитоэлектрическая машина, состоявшая из плоского медного кольца в 2,5 *см* ширины, которое вращалось между полюсами магнита, причем ток снимался щетками, прижатыми к внутреннему и наружному краям кольца [2]. Следующая машина не имела магнитов вовсе. Плоский диск вращался в круглом отверстии, вырезанном в металлическом листе, причем диск соединялся с окружающей его металлической поверхностью при помощи ртути. Здесь электрический ток индуцировался благодаря тому, что элементы вращающегося диска перерезали силовые линии магнитного поля земли [3]. Фарадей всячески варьировал форму вращающихся проводников и магнитов. Очень оригинальной машиной является стакан, наполненный ртутью, в которую был погружен цилиндрический магнит. Над верхней половиной магнита, поднимавшейся над ртутью, находился медный колпак, а проводники были присоединены к ртути и колпаку [4]. Среди большого количества описанных Фарадеем генераторов имеются машины и переменного тока. Одна из таких машин состояла из прямоугольного медного контура, вращавшегося вокруг горизонтальной оси. В этой машине переменные токи получались в том случае, когда прибор поворачивали таким образом, чтобы ось вращения проводника была направлена с запада на восток, так как при этом контур перерезал силовые линии магнитного поля земли [5].

Первая магнитоэлектрическая машина изобретена неизвестным автором письма, посланного в июле 1832 г. Михаилу Фарадею и подписанного инициалами Р. М. [6]. Машина эта состояла из нескольких подковообразных магнитов, насаженных на колесо и вращавшихся рукояткой. Ток демонстрировался разложением воды. Одновременно Даль-Негро построил машину, в которой ток индуцировался в проволочных спиралях при поступательно-возвратном движении входящих в эти спирали магнитов [7].

Однако гораздо большее значение имели изобретения Пикси и Риччии (1790—1837), так как они ввели коллектор и получили постоянный ток. Именно в этом заключалось первое звено развития генераторов, и потому их историю после Фарадея нужно начинать с машины Пикси. Она состояла из подковообразного стального магнита и подковообразного железного якоря с коммутатором.

[1] «Exp. Res.», I, № 85.
[2] Там же, I, № 135.
[3] Там же, I, № 155.
[4] «Exp. Res.», I, № 219.
[5] Там же, I, № 3192.
[6] «Phil. Mag», I, стр. 165, 1832. См. «Динамомашина в ее историческом развитии», сост. Ефремов и Радовский под ред. В. Ф. Миткевича, Л. 1934, стр. 39.
«Phil. Mag.», I, стр. 48—49, 1832. «Динамомашина», стр, 43.

Мы приведем выдержку из сообщения Ампера о машине Пикси, именно ту часть, где говорится о выпрямлении тока. Здесь очень ярко обрисованы и первые шаги в развитии динамомашин и связь этого развития с электрохимией.

«При всех этих разнообразных опытах направление тока в цепи менялось при каждом полуобороте магнита, так что в опыте разложения воды, если кислород сначала выделялся в первом колпаке, а водород во втором, то при следующем полуобороте в первом колпаке выделялся водород, а во втором кислород. Таким образом в каждом из колпаков получалась смесь двух газов. Чтобы их получить отдельно, Ипполиту Пикси пришла счастливая мысль применить в своем приборе коромысло, которое изобрел Ампер для перемены направления тока при своих электродинамических опытах. Коромысло, примененное в новом приборе, состоит из стержня, который упирается в полукруг, насаженный на ось магнита, и который при одном полуобороте магнита держит опущенной вниз одну сторону коромысла; при следующем обороте коромысло освобождается и при помощи пружины опускается другим своим краем вниз. При первых испытаниях этого приспособления коромысло погружалось попеременно в корытца, наполненные ртутью, как в коромысле Ампера, но при этом оказалось, что при быстром вращении магнита ртуть получала такие толчки, что выбрасывалась наружу. Чтобы уничтожить этот недостаток, Ипполит Пикси заменил ртуть маленькими медными пластинками с амальгамированной поверхностью для лучшего контакта с концами коромысла, которые попеременно ударялись о них. Благодаря такому остроумному приспособлению направление тока в части цепи, расположенной за коромыслом, оставалось постоянно одним и тем же» [1].

Другой способ выпрямления тока был осуществлен в машине Риччи (1833) [2]. В ближайшие годы появился ряд модификаций машины Пикси. Стерджен (1783—1850) придал прообразу коллектора более рациональную форму (трущие контакты), Сакстон также улучшил конструкцию машины [3], Кларк продолжил работу Сакстона. С принципиальной стороны все эти изобретения конструктивно развивают схему Пикси.

Основной задачей всех конструкторов было выпрямление тока. В конце 30-х и начале 40-х годов, после открытия гальванопластики, появились первые машины практического назначения. В это время постоянный ток был условием производственного применения электричества. Одной из первых машин, получивших производственное применение, была машина Вульрича, изобретенная им в 1842 г. Она была запатентована вместе со «способом покрывать металлами поверхности предметов» и отличалась «приспособлением для регулирования» [4].

Наиболее интересной конструкцией начала 40-х годов была машина Уитстона (1841). Основной целью Уитстона было получение тока, который как можно меньше отличался бы от гальванического. Принцип этой машины описан в патенте [5] следующим образом:

«Обыкновенные магнитоэлектрические машины дают серию разрядов или мгновенных токов, которые в одних случаях сохраняют направление, а в других случаях попеременно меняются.

Предметом первой части моего изобретения является соединение нескольких таких магнитоэлектрических машин в одну, чтобы путем объединения их обмоток создать один продолжительный ток и так устроить движение отдельных обмоток или магнитов, чтобы ток в одной обмотке начинался раньше, чем прекратятся токи в другой обмотке. Благодаря такому устройству можно, при умеренной скорости вращения обмоток или магнитов, получить эффект, не отличающийся от действия настоящего постоянного тока. Устроенная на этом принципе машина

[1] «Annales de chimie et de physique», LI, стр. 76—79, 1832. «Динамомашина...», стр. 47.
[2] «Phil. Trans.», I, стр. 320—321, 1833.
[3] «Phil. Mag.», IX, стр. 360—365, 1836.
[4] British Pat. Specification, 1842, 9431. «Динамомашина...», стр. 98.
[5] Brit. Pat. Spec., 1841, 9022. «Динамомашина...», стр. 84.

при своем вращении может быть использована для тех многочисленных целей, для которых служит вольтаическая батарея и, в особенности, для получения тех эффектов, для которых требуется батарея, составленная из значительного числа малых элементов. Я предлагаю назвать эту новую комбинацию магнитоэлектрической батареей».

Этот период в развитии генераторов характеризуется отсутствием сколько-нибудь определившейся сферы применения генераторов. Лабораторные поиски создавали самые разнообразные типы машин. Мы увидим, что все основные принципы, осуществившиеся впоследствии, уже появились в 40-х годах. Однако они не могли получить применения. Существует объективная логика отдельных усовершенствований генератора, и они могут быть реализованы лишь последовательно. Преимущества кольцевого якоря могли быть, как следует, оценены лишь после открытия самовозбуждения, самовозбуждение могло быть широко применено лишь после того, как электромагниты повсеместно заменили собой постоянные магниты. Общей предпосылкой этой эволюции было *превращение переменного тока в постоянный коллекторами первых машин, осуществивших переход от гальванотехники к технике электромагнитного поля*. Поэтому если характеризовать каждый период теми принципами, которые не только были высказаны или продемонстрированы на отдельных моделях, но получили применение и стали основой дальнейшего развития, то период 30—40-х годов определяется генезисом *коммутации*. Что же касается усовершенствований в других областях, то принципы, высказанные в этор период, получили применение лишь в 60—70-х годах.

Наиболее мощной лабораторной машиной начала 40-х годов была машина Штерера (1813—1890). Лейпцигский механик Штерер в 1843 г. построил многополюсную машину... «Для получения магнитоэлектрического тока по возможности большой силы до сих пор пользовались только одним большим магнитом или брали для этой цели один электромагнит. В последнее время, однако, получение сильных магнитоэлектрических токов значительно подвинулось вперед благодаря моему предложению об одновременном действии трех магнитов на шесть индукторов» [1].

Первый период развития генераторов закончился переходом от описанных лабораторных поисков к машине, получившей практическое применение. Это — машина «Алианс». Ее сконструировал в 1849 г. Нолле. Она была предназначена с самого начала для освещения, поэтому Нолле стремился получить высокое напряжение. Машина «Алианс» была усовершенствована Хольмсом в 1856 г. Общество «Алианс», по имени которого она была названа, начало выпускать эти машины для первых осветительных установок [2]. Первой из таких установок был маяк близ Гавра, на котором впервые машина «Алианс» снабжала энергией вольтову дугу в фонаре. После этого машина «Алианс» широко применяется для дуговых фонарей на других маяках Франции, а затем и в других странах. Первоначально эта машина вырабатывала переменный ток. Затем она была снабжена коллектором, а впоследствии снова появились машины переменного тока этого типа. Начиная с машины «Алианс», генераторы перестали быть лабораторными приборами и стали промышленно используемыми машинами. Поэтому усовершенствования этой эпохи известны гораздо больше, чем предложения 40-х годов.

Вторым шагом в развитии генераторов было применение электромагнитов. Впервые они были запатентованы в 1845 г. при усовершенствовании машины Уитстона [3]. В 1851 г. об этом же говорил Синстеден. Но только через двенадцать лет после этого электромагниты были применены в машине, получившей широкое

---

[1] «Annalen der Physik und Chemie», LXI, стр. 426, 1844. «Динамомашина...», стр. 104.
[2] Du Moncel, I, стр. 361.
[3] Brit. Pat. Spec., 1845, 10655. См. S. Thompson, Dynamo-Electric Machinery, стр. 11.

распространение. В 1863—1865 гг. Уайльд создает несколько машин переменного тока, где якорь вращается между электромагнитами, которые возбуждаются специальной небольшой машиной с постоянными магнитами.

В патенте 1863 г. Уайльд предусматривает использование магнитоэлектрической машины для подводного телеграфа. В предназначенной для этого машине постоянные магниты были заменены электромагнитами. «Для получения, — пишет Уайльд, — сильных токов, требуемых для передачи депеш на далекое расстояние по неизолированному проводу, я применяю вместо постоянных магнитов электромагниты» [1]. В патенте 1865 г. Уайльд усовершенствовал конструкцию и предназначил ее для нагревания, сгибания и сварки металлов [2]. Еще раньше (1863) Уайльд запатентовал применение машины с электромагнитами для освещения.

После этого оставалось лишь полностью откинуть постоянные магниты, покончить с раздельным существованием магнетизма и электричества и в полной мере использовать их единство. Этот шаг в развитии технического применения электромагнитной индукции заключался в применении самовозбуждения.

В 1848 г. Брет предложил усиливать магнетизм, пропуская индуцированный в машине ток по проводнику, навитому на магнит. Таким образом в это время уже была высказана идея самовозбуждения. В 1855 г. этот принцип был осуществлен в машине Хиорта (1801—1870).

Остановимся последовательно на работах этого изобретателя. В 1848 г. Хиорт предложил применить электромагнетизм для транспорта. Основное предложение говорило собственно не об электрическом двигателе, а о «приспособлении, при помощи которого магнитоэлектричество можно получить от электромагнитного или обычного локомотива в целях намагничивания колес и увеличения вследствие этого сцепления с колесами» [3]. Это изобретение послужило для Хиорта переходом от железнодорожных проблем к электротехническим. Уже в 1851 г. Хиорт набрасывает в своей записной книжке схему машины с самовозбуждением [4]. В 1852 г. он представляет описание и чертежи этой машины. В 1854 г. Хиорт получает патент на «усовершенствованную магнитоэлектрическую батарею», отличительная черта которой, говорится в патенте, «заключается в применении одного, двух или нескольких постоянных магнитов «*а*» из чугуна, соединенных с таким же или бо́льшим числом электромагнитов «*б*», причем взаимное расположение их таково, чтобы токи, индуктированные в обмотках вращающейся арматуры, могли проходить вокруг электромагнитов» [5].

Мы видим, что для усиления первоначального импульса здесь наряду с электромагнитами были помещены и постоянные магниты. Но Хиорт считал возможным обойтись и без них, пользуясь остаточным магнетизмом. В 1855 г. был выдан патент на усовершенствованную конструкцию того же типа [6]. Она была им построена.

Вскоре после этого машины с самовозбуждением снова появляются среди патентных заявок. В 1858 г. Дженсон — английский патентный агент, — делая заявку, по поручению какого-то иностранного изобретателя, пишет: «Предлагают употреблять электромагнит для получения индуктируемого электричества, которое доставляет целиком или частью электричество, необходимое для поляризации электромагнита, — электричество, которое иначе приходилось бы добывать от батарей или других известных источников» [7].

К началу 60-х годов принцип самовозбуждения был не только сформулирован, но и применен. Однако это было сделано в машинах, не получивших достаточ-

[1] Brit. Pat. Spec., 1863, 3006. «Динамомашина...», стр. 166.
[2] Btit. Pat. Spec., 1865, 1412. «Динамомашина...», стр. 170.
[3] Brit. Pat. Spec., 1848, 12295. «Динамомашина...», стр. 127.
[4] S m i t h S i g u r d, Soren Hjorth inventor of the dynamoelectric principle, Kopenhavn 1912.
[5] Brit. Pat. Spec., 1862, 2198. «Динамомашина...», стр. 134.
[6] Brit. Pat. Spec., 1855, 806. «Динамомашина...», стр. 139.
[7] S. T h o m p s o n, стр. 12.

ного распространения и известности. Решающее значение экономических предпосылок для реализации технических принципов видно из того факта, что предложения Брета, Хиорта и др. не изменили электромашиностроительной техники так же, как этого не сделали предложения Синстедена о применении электромагнитов. Для того чтобы эти принципы могли воплотиться в жизнь, нужно было, чтобы новые конструкции удовлетворяли назревшую производственную необходимость. Эта необходимость проявилась в 60-х годах.

После применения электромагнитов взамен постоянных магнитов использование самовозбуждения стало очередной задачей электротехники. Уайльд указывал впоследствии, что идея самовозбуждения была высказана в 1866 г. рядом электротехников в Англии, Германии и Америке под влиянием его работ [1]. Он ссылается при этом на Мюррея, который в письме в журнал «Engineer» 20 июля 1866 г. говорит, что идея, неизбежно вытекающая из изобретений Уайльда, настолько очевидна, «что на нее, несомненно, натолкнутся изобретатели в самом ближайшем будущем». Мюррей следующим образом формулирует этот принцип: «В то время как Уайльд исходит из обыкновенной магнитоэлектрической машины и применяет полученный в этой машине ток для возбуждения мощного электромагнита и благодаря действию его получает вторичный ток, более сильный, который, примененный таким же образом, производит еще большее усиление, я, используя одну только машину, пропускаю ток, полученный в якоре машины, через обмотку, окружающую постоянные магниты, в таком направлении, чтобы усилить их магнетизм, что в свою очередь, действуя на обмотку якоря, усиливает ток, получаемый в ней».

В том же году этот принцип высказывают Фермер [2], Беккер и бр. Варли [3]. Все это были патенты, модели, но не машины, применяемые на практике. Однако в это время идея самовозбуждения была настолько подготовлена всем развитием электротехники, что каждый день можно было ожидать конструкций, которые найдут практическое применение. В декабре 1866 г. Вернер Сименс (1816—1892) торопится взять патент на эту машину и пишет об этом своему брату: «Как тебе известно, Уайльд взял в Лондоне патент на комбинацию магнитного индуктора моей конструкции с другим, в котором вместо стального магнита имеется электромагнит. Магнитный индуктор намагничивает электромагнит до более высокой степени магнетизма, чем можно получить в стальном магните. Тогда второй индуктор даст ток, превосходящий во много раз ток, который можно получить с помощью стального магнита. Действие должно быть колоссальным, как сообщает журнал Динглера. Однако, очевидно, можно обойтись без магнитного индуктора со стальным магнитом» [4].

Затем он говорит о машине, превращающей механическую силу в ток при помощи проволочной обмотки и мягкого железа, и делает следующее заключение: «При правильной конструкции эффект должен быть поразительным. Эта идея легко осуществима и может открыть новую эру в области электромагнетизма. Машина будет готова через несколько дней. Сделай и ты изыскания, что бы Уайльд, который также близко стоит у цели, не опередил нас. Магнитное электричество сделается дешевым, станет доступным и применимым для освещения, гальванометаллургии и т. д., и даже малые электромагнитные машины, получающие силу от больших, станут весьма полезными» [5].

Это письмо очень рельефно обнажает действительные корни открытия. После того как Уайльд, заменив постоянный магнит электромагнитом, пустил в его

[1] «Phil. Mag.», XLV, стр. 439—450, 1873.
[2] Там же, стр. 440. См. Thompson, стр. 12.
[3] Brit. Pat Spec., 1866, 3394, См. Thompson, стр. 12.
[4] C. Matschoss, Werner Siemens—ein kurzgefasstes Lebensbild nebst einer Auswahl seiner Briefe, т. I, стр. 259.
[5] Там же.

обмотку ток из другого генератора, следующий шаг должен был отбросить посторонний источник.

В январе Вернер Сименс взял патент на машину с самовозбуждением [1]. В то же время он представил Берлинской академии доклад о ней. 14 февраля зачитывается доклад Сименса в Королевском обществе [2]. В тот же день Уитстон читает аналогичный доклад. Здесь ясно видно, что крупнейшее звено истории динамостроения было результатом последовательного ряда открытий и назревших потребностей эпохи. Между тем именно это изобретение особенно часто и охотно связывают с личностью изобретателя.

Чтобы покончить с вопросом об открытии самовозбуждения, упомянем об интересной машине Ледда, которая закрепила в своей конструкции связь между предыдущим этапом (применение электромагнитов) и самовозбуждением.

Машина Ледда обладала двумя якорями, из которых один пускался первым и отдавал весь своей ток электромагнитам; после того как последние доходили до полной силы, пускали второй якорь, который отдавал ток во внешнюю цепь [3].

В машинах Хиорта и Сименса, так же как и в последующих машинах Грамма, весь ток проходил через обмотку электромагнитов. Как известно, в таких машинах возрастание нагрузки, т. е. уменьшение сопротивления в цепи, увеличивает силу поля индуктора. В противоположность этому в машине Уитстона и Ледда было осуществлено параллельное возбуждение. В этой так называемой шунтовой машине возрастание внешнего сопротивления увеличивает напряжение тока в обмотке электромагнитов. Поэтому комбинация двух обмоток, осуществленная Брешем (1848—1929), в 1878 г. [4] позволила автоматически регулировать созданную таким образом компаунд-машину.

Машины с электромагнитами сделали электромагнитное поле единственным источником тока. Они поставили электромагнитное поле в центр сильноточной электротехники. Следующий принцип, следующий шаг развития генераторов придал электромагнитному полю еще большую техническую осязаемость. Речь идет о принципе кольцевого якоря; подобно электромагнитам самовозбуждения, он был изобретен задолго до того, как он стал очередным звеном развития электротехники, а когда это время наступило, он был открыт второй раз.

В 1860 г. Пачинотти (1841—1912) построил небольшую машину с кольцевым якорем. Описание этой машины появилось в 1863 г., но впоследствии было забыто. Машина была электромагнитной, т. е. двигателем, но Пачинотти считал, что примененный здесь кольцевой якорь «является подходящим для собирания всех индуктивных токов магнитоэлектрической машины». Кольцевой якорь отличался подвижностью полюсов относительно железа.

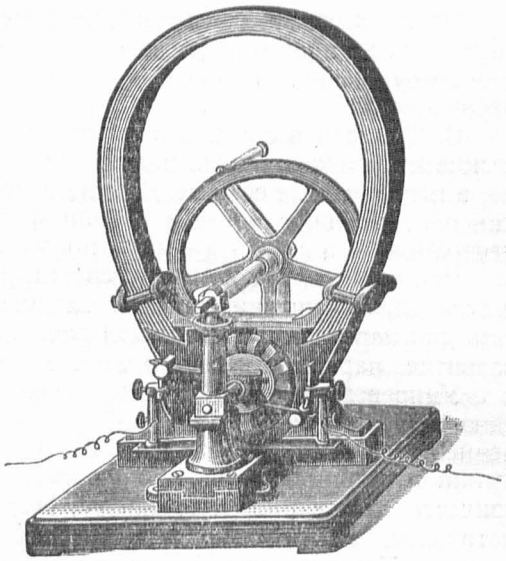
«В обыкновенных электромагнитах, даже в случае, если к ним пристроен коммутатор, магнитные полюсы находятся всегда в одних и тех же положениях, тогда как в электромагните моей машины соединенные с коммутатором полюсы могут передвигаться в железе, подвергающемся намагничиванию. Железо такого электромагнита имеет форму крупного кольца» [5].

Таким образом принцип кольцевого якоря означал, что электромагнитный полюс получает самостоятельную реальность. Он мог сохранять неизменное положение при движении якоря. Это изобретение было забыто в то время, когда столяр компании «Алианс» — Грамм (1826—1901) — независимо пришел к тому же принципу. После применения самовозбуждения потребовался переход от изобретенного Сименсом Т-образного якоря к такому якорю, где бы положение магнитных полюсов не менялось.

---

[1] Brit. Pat. Spec., 1867, 261. «Динамомашина...», стр. 180.
[2] «Proc. of. the Roy. Soc.», XV, стр. 367—372, 1867.
[3] «Proc. of the Roy. Soc.», XY, стр. 404—405, 1867. «Динамомашина...», стр. 210.
[4] Brit. Pat. Spec, 1878, 2003. «Динамомашина...», стр. 270.
[5] «Nuovo Cimento», XIX, стр. 378, 1863.

В первых машинах с самовозбуждением происходило сильное нагревание якоря. Его нельзя было избежать даже тогда, когда якорь делали из тонких листков, с изоляцией, не пропускающей токов Фуко. Причина заключалась в изменении магнитной полярности.



Машина Грамма.

Сименс в своем докладе в Берлинской академии наук вспоминает о затруднениях, связанных с нагреванием якорей, и указывает на принцип Пачинотти, как на решение вопроса. Он следующим образом излагает этот принцип: «В этом железном кольце получались магнитные полюсы, расположенные против полюсов противоположных знаков неподвижного магнита и сохранявшие свое положение и при вращении кольца. Внешние части обмотки кольца постоянно проходили через оба неподвижных магнитных поля между полюсами магнита и железным кольцом, при этом в замкнутой на себя обмотке должны были возникать электродвижущие силы противоположных направлений, которые, будучи равной силы, не могли возбуждать никакого тока. Если, однако, соединить между собой отдельные витки обмотки или равномерно расположенные по поверхности кольца — отдельные части этой обмотки — металлическими пластинками и расположить эти пластинки концентрически по оси вращения кольца и пропускать их при вращении под двумя неподвижными контактными пружинами, расположенными друг против друга на равном расстоянии от обоих полюсов магнита, то оба противоположно направленных тока, циркулирующие в обмотках, найдя отвод, соединятся в единый постоянный ток через проводник, соединяющий пружины» [1].

Новые производственно-технические задачи были решены Граммом [2], который пришел к идее кольцевого якоря и осуществил эту идею в машине, получившей неслыханное до того распространение. Эта машина была первым широко применявшимся генератором. Ее преимущества перед машиной «Алианс» были общепризнаны: «Места занимает в четыре раза меньше, света дает вдвое больше и стоит вдвое дешевле», по признанию русского «Инженерного журнала» [3]. Она послужила исходной точкой дальнейших усовершенствований. В 1873 г. Гефнер Альтенек перешел к барабанному якорю.

Другие работы этого периода также варьировали тип обмотки применительно к свойствам магнитного поля. Нужно упомянуть о работах, которые остались вне главного фарватера открытий. Это — машины с колебательным движением вместо вращательного [4] Дюжардена (1856), Сименса (1859), Уайльда (1861) и Эдисона (1873). Эдисон перешел от такой машины к конструктивно улучшенной машине Грамма [5]. Дальнейшие улучшения состояли в концентрации магнитного потока (Гопкинсон) [6] и в переходе к многополюсным машинам.

---

[1] «Monatsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Berlin», 1880, стр. 949—961. «Динамомашина...», 177.
[2] Brit. Pat. Spec., 1870, 1668.
[3] 1873 г., кн. 9, стр. 1020.
[4] Brit. Pat. Spec., 1859, 512; 1861, 924; 1878, 4226.
[5] Brit. Pat. Spec., 1880, 1385.
[6] «Phil. Trans.», CLXXVII, стр. 331—358, 1887.

Остановимся на конструктивной форме индукторных остовов. После того как определился принцип работы динамомашины (коммутация, электромагниты, самовозбуждение, кольцевой якорь), эта сторона дела выдвинулась на первый план.

С. Томпсон в своей известной книге о динамомашинах [1] приводит схематические изображения ряда индукторных остовов. Первые конструктора интуитивно, а последующие сознательно, на основе теорий, завершившихся работами Гопкинсона, придают остовам машин форму, обеспечивающую наибольшую концентрацию магнитного потока.

Вся изложенная история генераторов была связана с применением электричества для освещения городов. Следующая эпоха — это применение электричества для передачи механической работы. Предпосылкой такой передачи является развитие, наряду с генераторами, электрических двигателей.

Универсальная связь между механической энергией и электричеством была дана гениальным открытием Фарадея — электромагнитной индукцией. Применение этого открытия заключалось в двухсторонней связи: превращении механической работы в электричество и в обратном превращении электричества в механическую работу. И то и другое производится одной машиной, которая и явилась орудием технической революции, произведенной электричеством. Недавно исполнилось сто лет со времени изобретения одной из первых конструкций этого рода — двигателя Якоби. Предшествующие машины образуют предисторию электродвигателя. На ее страницах переплетаются важнейшие историко-технические проблемы. В первых электромоторах развитие двигателей, борьба за к. п. д., конституирование руководящих принципов энергетической техники, экспериментальная проверка и техническое применение закона сохранения энергии, т. е. основная линия развития энергетической техники, пересеклась, наконец, с электричеством. Впоследствии это стало величайшим переломом для энергетики. Ее высший физический принцип — единство и сохраненение энергии — перестал фигурировать только в своей отрицательной и количественной форме. Опираясь на электричество, энергетическая техника в конце концов пошла по линии качественной стороны этого принципа, по линии возрастающей гибкости и универсальности энергетических переходов.

В свою очередь электричество при этом вошло в энергохозяйство. До тех пор оно применялось для передачи сигналов и вообще для тех процессов, где трансформация энергии была сопутствующим моментом, но не производственной задачей, где такие критерии, как к. п. д., были несущественными, а принцип сохранения энергии не был технически и производственно осязаемым.

В гальванопластинке, как и вообще в электрохимии, производственно-технической задачей является качественное превращение вещества, которое хотя и связано с энергетическими трансформациями, но несводимо к ним. Поэтому электричество, возникающее из химической энергии и снова в нее превращающееся, еще не становится элементом энергетики. Когда электричество, полученное из гальванической батареи, применяется для двигателя, т. е. превращается в механическое движение, то это, конечно, энергетическая техника, которая пересеклась с электричеством и стала электроэнергетической техникой. Именно такая схема осуществилась в первых электродвигателях. Но при этом энергетическая техника еще не совершает скачка, о котором мы говорили выше. Электричество применяется не для передачи механической энергии, а как один из способов получения механического движения из химической энергии. Поэтому здесь электричество не сочетается с теплотехникой, а противостоит ей как другой способ получения механической энергии. Впоследствии, когда была открыта обратимость электромагнитных машин и двигатели стали приводиться в движение током динамо, электричество стало универсальным и гибким посредствующим

[1] Silvanus Thompson, Dynamo-Electric Machinery, стр. 191.

звеном для передачи механической энергии на расстояние. Это и было новым шагом энергетической техники.

Сейчас мы остановимся на первом этапе электроэнергетической техники, т. е. на двигателях, приводимых в движение током гальванических батарей. Этот этап в свою очередь включает две группы: 1) двигатели с поступательно-возвратным движением, основанные на открытиях Араго и Ампера, и 2) роторные двигатели, основанные на открытии Фарадея. Рассмотрим эти группы последовательно [1].

Электромагнитные машины первой группы напоминали своей формой паровую машину. Двигатели, таившие грядущий приговор паровой машине, были конструктивным слепком ее. Давление пара заменялось электромагнитным притяжением и отталкиванием. В 1831 г. Генри построил машину, где периодически возникавшее притяжение качало металлическое коромысло. Генри пишет «о возвратно-поступательном движении, производимом магнитным притяжением и отталкиванием». Он следующим образом формулирует принцип своего двигателя[2]:

«Для получения непрерывного колебательного движения гальванического магнита достаточно попеременно менять полярность магнита, притом таким образом, чтобы перемена полярности происходила автоматически благодаря самому колебанию магнита. Осуществить это нетрудно, если вместо постоянного стального магнита взять гальванический магнит из мягкого железа. Перемена полярности гальванического магнита может быть осуществлена следующим образом: к концам провода, обмотанного вокруг магнита, припаивают два малых гальванических элемента, которые при качании магнита попеременно погружаются в сосуд с разбавленной кислотой».

Одновременно Генри описывает другой способ — попеременное погружение концов обмотки магнита в чашечку со ртутью — способ, который широко применялся в электротехнике 30-х годов.

В двигателе, сконструированном в том же году Даль-Негро, между полюсами магнита качался стальной якорь, соединенный с кривошипом. Описание прибора, сделанное самим изобретателем, очень ярко показывает непосредственную связь этой конструкции с открытием Араго и лабораторный характер модели. «Когда ум мой, — пишет Даль-Негро, — был полон мыслями об этом изумительном свойстве электромагнетизма, у меня возникла идея, заставить магнитный стержень качаться между полюсами временного магнита, и вскоре я обогатил физику новым прибором, который даст возможность с величайшей легкостью видеть: 1) как мягкое железо быстро намагничивается электромагнитными токами; 2) каким образом эта магнитная сила в один миг исчезает, покидая железо, и снова появляется таким образом, что притягивающий полюс становится отталкивающим, и наоборот; 3) как в магните при размагничивании происходит электрическая искра; 4) наконец, как можно при помощи магнитных притяжений и отталкиваний одного или нескольких временных магнитов в связи с одним или несколькими постоянными магнитами приводить в движение маятник, любую машину или поднимать груз» [3].

Подобные конструкции создавались в продолжение 30-х годов неоднократно. Даже в 1840 г. Кларк создает двигатель, о котором он пишет:

«В моей машине, описание которой я Вам посылаю, магнит действует прямым образом на стержень, получающий возвратно-поступательное движение и передающий его кривошипу...» [4].

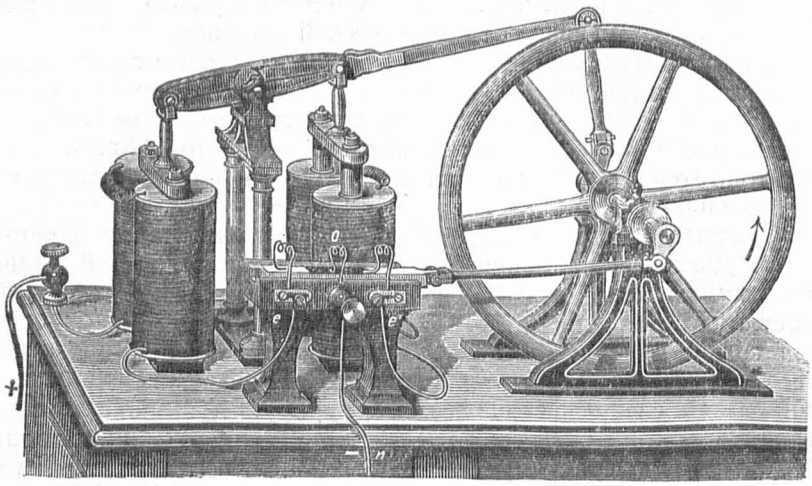
---

[1] В дальнейшем изложении истории электродвигателей использованы документы, собранные Ин-том истории науки и техники А. Н. СССР для готовящегося к печати сборника и любезно предоставленные в мое распоряжение составителем этого сборника М. И. Радовским.

[2] Silman's «American Journal of Science» т. XX, стр. 340—343, 1831, Scientific writings of Joseph Henry, т. I, стр. 54—57.

[3] «Annali della Scienze Lombardo-Veneta», III, 1834.

[4] «Ann. of Electricity» July 1840, стр. 33.



Двигатель Бурбуза.

Чарльз Педж в 1838 г. придал электромагнитам форму пустотелых катушек, которые попеременно втягивали железные сердечники [1]. Они соответствовали цилиндрам паровой машины и по назначению и по форме. Наконец, Бурбуз сконструировал двигатель, который даже по внешнему виду похож на старинную паровую машину. Действительно, это — электрическая модель паровой машины вроде тех музейных моделей, где работа паровой машины производится замаскированным электромотором. Впрочем, в двигателе Бурбуза все части действительно участвовали в превращении электричества в механическую работу, но были устроены по образу и подобию цилиндра, поршней и золотника, с маховиком, шатуном, кривошипом, коромыслом и эксцентриками. Вместо цилиндров — пустотелые катушки, вместо поршней — сердечники и, наконец, вместо золотника — коммутатор, меняющий направление тока в катушках [2].

Нетрудно обнаружить исторические корни идеи, воплотившейся в машинах Даль-Негро, Педжа, Бурбуза. Здесь электрическая техника получает конструктивные образцы из смежных отраслей. Принцип машины опирается на открытия Эрстеда, Араго и Ампера. Это — принцип, найденный теорией электричества еще в ту эпоху, когда она опиралась на техническое использование более простых форм движения. Ясно видна связь этих машин с телеграфом. В сущности, здесь якорь телеграфного аппарата соединен с колесом через заимствованный у паровой машины механизм, превращающий прямолинейное движение во вращательное. Иными словами, конструкции этого типа не выходят за рамки той эпохи, когда применение электричества было ограничено областью связи. Они не начинают собой истории технически применимых электрических двигателей.

Другая линия в развитии двигателей начинается знаменитым вращающимся диском Фарадея. В «Exp. Res.» [3] Фарадей подробно разбирает теорию электромагнитного вращения [4]. В конце 1821 г. он опубликовывает описание прибора, который демонстрирует относительное вращение проводника и магнита.

Вскоре после этого Барлоу приводит целый ряд модификаций этого опыта. В разделе III его книги [5] имеется целый ряд таких опытов. Из них 5-й опыт носит название «вращение магнита вокруг гальванического тока», 7-й—«вращение галь-

[1] «The American Journal of Sciences and Arts», т. XLIX, стр. 131—135, 1845.
[2] Martin and Wetzler, The Electric Motor and its Applications, III, 1891.
[3] Том II, стр. 127—158.
[4] «Quarterly Journal of Science», XII, 186, 283.
[5] Peter Barlow, An Essay on Magnetic Attractions.

ванической проволоки вокруг магнита», 8-й — «аппарат Фарадея, показывающий оба вышеописанных вращения», 9-й — «вращение магнита вокруг своей оси под влиянием гальванического тока», 10-й — «вращение гальванического проводника вокруг своей оси под влиянием магнита», 14-й — «вращение колеса при помощи подковообразного магнита», 15-й — «вращение двойного колеса действием двух подковообразных магнитов».

Следующим нужно упомянуть двигатель Риччи. «Если над вращающимся магнитом, — описывает его Риччи, — расположить подковообразный магнит... и пустить ток в обмотки временного магнита, то последний начнет быстро вращаться» [1].

В том же году Стержен демонстрирует в Лондоне на публичной лекции сходный аппарат [2]. В 1838 г. двигатели подобного типа, построенные в Америке Давенпортом, уже применялись им для сверлильных станков изготовлявшей их мастерской [3].

Двигатель Якоби отличается от предыдущих моделей. Он отразил в своей конструкции новые технические тенденции. Мы уже говори, что Якоби принадлежал к тому типу ученых, которые, не замыкаясь в свою область, живо откликаются на все важнейшие научные и технические вопросы своего времени. Причина, благодаря которой именно Якоби оказался творцом первого применимого электродвигателя, заключается в широте научных и технических интересов Якоби, которая помогла ему ухватить наиболее общие и передовые тенденции эпохи.

Двигатель Якоби был ротационным двигателем без прямолинейно движущихся частей. Если двигатели Генри, Даль-Негро, Педжа и Бурбуза напоминали паровую машину, то двигатель Якоби соответствовал турбине. Он состоял из двух систем электромагнитов, из которых одна была неподвижной, а другая вращалась. Ток доставлялся гальванической батареей.

Через несколько лет после изобретения двигателя Якоби установил его на шлюпке. Там же были помещены 320 цинково-медных элементов, а впоследствии 64 элемента Грове. В 1839 г. шлюпка Якоби с мотором в 1 *л. с.* плавала с 14 пассажирами на Неве.

Приведем описание двигателя, сделанное Якоби в 1834 г. [4].

«Аппарат состоит из двух групп по восьми стержней мягкого железа, длиной по 7 дюймов и толщиной в 1 дюйм. Обе группы стержней располагаются под прямым углом к диску симметрично одна против другой на двух дисках таким образом, чтобы полюса приходились один против другого. Один из дисков неподвижен, а другой вращается вокруг некой оси, благодаря чему группа подвижных стержней проходит мимо группы неподвижных на возможно более близком расстоянии от них.

Все 16 стержней обмотаны 320 футами медной проволоки толщиной в одну с четвертью линии. Концы обмоток соединяются с полюсами гальванической батареи. Вес вращающейся со скоростью 6 футов в 1 секунду части машины доходит до 50 фунтов, что дает весьма значительную живую силу. Полезная работа этого аппарата измеряется прибором, аналогичным тормозу Прони, и эквивалентна работе поднятия груза в 10—12 фунтов на высоту в 1 фут в 1 секунду.

Успешная работа этой машины обусловлена удачной конструкцией коммутатора...

Механизм мотора очень несложен по сравнению с паровой машиной; нет ни цилиндра, ни поршня, ни клапанов... нет также трения, благодаря которому теряется больше половины производимой работы. В этой машине потерю составляет только трение в подшипниках. Далее машина эта дает непосредственно

[1] «Phil. Trans.», X, стр. 316—320, 1833.
[2] «Ann. of. Electricity», т. I, стр. 75, 1836.
[3] «Ann. of Electricity», т. II, стр. 284—286, 1838.
[4] «L'Institut», Journal général de travaux scientifiques de la France et de l'étranger, т. II, стр. 324—325, 1834.

постоянное круговое движение, которое гораздо легче преобразовывать в другие виды движения, чем возвратно-поступательное».

Это был первый практически применимый тип электродвигателя. Его особенности: непрерывность движения и отсутствие прямолинейно движущихся частей, возможность любых мощностей — все это допускало техническое применение. Он не получил такого применения, так как появился в эпоху господства пара, в эпоху, когда уровень концентрации и централизации производства еще мирился с существованием децентрализованных паровых установок в каждом пункте, где требовалась механическая энергия. Только через 50 лет началось подлинное развитие электрического двигателя в производстве, история реконструкции силового аппарата промышленности на базе электрического привода. Но в недрах старой техники к этому времени созрела приемлемая конструкция и этот процесс начинается двигателем Якоби.

Важной особенностью машины Якоби было то, что она осуществила обратимый цикл. Машина могла работать как динамо, если бы ее привели в движение, затратив механическую энергию.

Мы уже неоднократно указывали, что обратимость была главным звеном в превращении электротехники в энергетическую технику, в развитии электроэнергетики. Когда электромотор стал приводиться в движение конструктивно-тождественной машиной, энергетический характер процесса и его подчинение общеэнергетическому принципу сохранения энергии стали совершенно явными. Но двигатель Якоби приводился в движение гальванической батареей.

Между тем гальванотехника, исторически связанная с контактной теорией, была основой для специфических иллюзий в области электромеханики. Эти иллюзии заключались в поисках perpetuum mobile. Характерный пример — маятник Замбони.

В 1812 г. Замбони устроил сухую батарею из металлических кружков, покрытых тестообразной смесью марганца и меди. Между двумя противоположными зарядами двух таких батарей два года подряд непрерывно качалась легкая стрелка. Подобные приборы одно время были очень популярны.

Сам Якоби, несмотря на то, что он высказывал идею обратимости, разделял некоторые иллюзии, свойственные эпохе. Продолжая описание, которое мы приводили выше, Якоби говорит о принципиальном отличии электромагнитного двигателя от других: «Новый мотор не подчинен имевшему до сего времени силу закону пропорциональности между эффектом и затратами». Это — результат того, что электромагнитное возбуждение происходит мгновенно и взаимодействие магнитных элементов подчинено формуле, не включающей ни времени, ни скорости. Из этой физической особенности электромагнитного двигателя Якоби выводит его экономическую характеристику: «в электромагнетической машине скорость не стоит денег». Именно эта сторона дела заставляли предпринимателей и правительства форсировать опыты и проверку новых электромагнитных машин. Именно с этой стороны интересны работы различных Комиссий, например Комиссии адмирала Крузенштерна, проверявшей машину Якоби.

Приведем выдержки из донесения этой Комиссии министру народного просвещения Уварову (от 26 ноября 1838 г. № 85). Здесь ясно высказана связь крушения первоначальных иллюзий с созданием энергетической теории электрических машин:

...«Комиссия поставляет себе в удовольствие засвидетельствовать, что исследования их (Якоби и Ленца) более существенно послужили к объяснению количественных отношений электромагнетизма, нежели другие какие-либо опыты новейшего времени».

«Якоби признал, что открытием этих законов (законов действия электромагнитных машин. — *Б. К.*) он обязан преимущественно опытам над различными электромагнитными машинами, которые по действию своему не оправдали возложенных на них надежд. Между тем устройство этих машин было основано на

законах статических действий электромагнитов, законах, которые были выведены из многочисленных наблюдений, произведенных им, Якоби, совместно с академиком Ленцем, а они однакоже оказались недостаточными, как скоро дело доходило до движения этих машин и до механического производства» [1].

Кроме указанных иллюзий для таких стран, как Германия, замена пара электричеством открывала перспективу, правда, призрачную, нейтрализации тех преимуществ Англии, которые основаны на угольных ресурсах последней. Интересная иллюстрация — дело Вагнера.

Документы, посвященные этому делу, открываются докладом самого Вагнера, вице-директора франкфуртского Союза промышленников, в котором содержится следующая аппеляция к непосредственным интересам германских промышленников:

«Против преимущества, основанного на прямом использования тепла Германия не может бороться, пока в ее распоряжении имеются значительно меньшие ресурсы тепла, и она не может иметь это тепло так дешево, как Англия. И чем больше будет увеличиваться тепло, благодаря увеличению количества работающих паровых машин, тем меньше шансов у Германии когда-нибудь победить в этом отношении Англию. Однако преимуществу Англии в применении тепла может быть противопоставлено применение электромагнетизма в качестве движущей силы, что может не только уравновесить это преимущество, но даже и превзойти его, ибо то, что нужно для получения новой силы, имеется в Германии в достаточном количестве. В одной Пруссии за год добывается больше цинка, чем в Англии за пять лет» [2].

В этом отрывке характерно все. Во-первых, мы еще раз убеждаемся, какое громадное значение имела неравномерность капиталистического развития для техники. Страны, вынужденные играть второстепенную роль, ищут новых путей, подобно тому, как конквистадоры, отброшенные от основных торговых путей, искали в XII в. новый морской путь в Индию. Англия шла во главе капиталистического развития, и германская промышленность деятельно искала окольных дорог для того, чтобы обогнать ее. Электротехника могла создать подобную иллюзию. Мы видим, что на данном этапе, когда источником электричества попрежнему являлась химическая энергия, электричество выступает, не сочетаясь с теплотехникой, а конкурируя с ней в качестве нового пути превращения химической энергии в механическое движение. Поэтому предложение Вагнера встретило единодушную поддержку руководящих кругов буржуазной Германии. В протоколе Союзного совета германских государств мы снова встречаемся с делом Вагнера. Мы узнаем, что «по просьбе изобретателя сенат свободного города Франкфурта в вознаграждение его полезных усилий и во славу практической науки выдал ему привилегию сроком на 15 лет на изготовление электромагнитных машин». Мы читаем дальше объяснения самого Вагнера, которые показывают, как далека была электротехника от тех общеэнергетических принципов, которые для теплотехников были в то время азбучными. Вагнер заявляет, что изобретенный им способ конструкции электромагнитных машин основан на законах электромагнетизма, согласно которым сила машины пропорциональна квадрату ее размеров, т. е. один и тот же расход цинка в магните, в 10 раз большем, даст в 100 раз большую силу». Уже из этой формулировки видно, в каком направлении шли реакционные иллюзии в электротехнике, тащившие ее вспять от закона сохранения энергии.

Эти иллюзии шли по линии реальных запросов германской промышленной буржуазии, что обеспечило изобретению Вагнера радушный прием. В своем решении Комиссия Союзного совета «считает своим долгом отметить, что способ-

[1] Электромагнитный бот Б. С. Якоби (1837—1842). «Зап. Имп. русск. технич. общества», СПБ 1903, стр. 22.

[2] «Politechnisches Journal», herausg. von Dingler, стр. 372—377, 1841.

ствование развитию немецкого исследовательского духа является делом немецкой национальной чести и что в случае успеха машины необходимо, чтобы наша родина могла бы первой и полностью использовать все ее преимущества».

В результате в 1841 г. появилась брошюра Вагнера, самое заглавие которой характерно для этой эпохи. Эта брошюра носит название «Пар, замененный новой, в десять раз более дешевой силой (45 *л. с.* — 2 талера в сутки), притом совершенно безопасной, блестяще оправдавшей себя на приведении в движение локомотивов, кораблей и могущей заменить любую другую силу». Оказалось, что помещенное в брошюре изображение — широко известная в то время машина Якоби. Сведения о движении локомотивов, кораблей и т. д. вымышлены и вообще, как указывает рецензия на эту брошюру, из всего, что находится на заглавном листе, правильно указано только место печатания брошюры, тираж и год издания [1].

Великое открытие, положившее конец реакционным иллюзиям о вечном двигателе и даровой энергии, открытие, включившее электротехнику в рамки энергетической техники, заключалось в установлении обратимости работы электромагнитных машин. Первым применением обратимости и первым применением электродвигателей был городской транспорт. Электрический трамвай был третьей, после телеграфа и освещения, сферой электротехники. Здесь, как и там, электричество было применено в области, которая в условиях капитализма обгоняет промышленную технику по уровню энергетической централизации. Электрическая тяга ограничивалась городским сообщением. Поэтому здесь был применен принцип обратимости электромагнитного цикла, но до высшей ступени — передачи энергии посредством электричества на б о л ь ш и е р а с с т о я н и я — трамвай электротехнику не довел.

Тождество генератора и двигателя было широко известно в 50-х годах. Впервые оно было открыто Ленцем. Об этом знал Якоби уже в 1850 г. А в 1854 г. Дэвис в четвертом бостонском издании «Электромагнетизма» помещает одно и то же изображение сначала в качестве мотора (стр. 212), а затем в качестве генератора (стр. 268) и пишет: «Электромагнитный прибор, где движение создается взаимодействием гальванического тока и стального магнита, может доставить магнитоэлектрический ток, если его привести в действие механически». Об этом писали также Пачинотти [2] и Уэллен [3] в 60-х годах.

В 1873 г. была осуществлена первая установка, демонстрировавшая обратимость машин.

«1 мая 1873 г., — пишет Фонтен, — была торжественно открыта Венская всемирная выставка. Я был занят приведением в порядок некоторых аппаратов, впервые появившихся на выставке. В числе их была, прежде всего, динамомашина Грамма, приводимая в действие газомотором Ленуара и предназначавшаяся для посеребрения медалей и других предметов. Затем я предполагал другую магнитоэлектрическую машину Грамма приводить в действие посредством батареи или аккумулятора Планте для того, чтобы показать обратимость этих машин. Эта машина (Грамма) должна была приводить в действие при помощи переменного тока центробежный насос, поднимавший в большой резервуар воду, откуда она должна была падать каскадом».

Таким образом первоначально Фонтен не предполагал соединить обе машины между собой. Это дало повод для легенды о случайном открытии обратимости. В действительности Фонтен сам устроил передачу в 1 *км* между первой и второй машинами Грамма. В этом опыте потенциально заключено все значение электричества для энергетики механического производства.

Французские электрики, которые больше чем кто-либо работали в этой области, осуществили в 70-х годах еще несколько установок, где механическое

[1] «Kunst- und Gewerbeblatt», т. XIX, стр. 400, 1841.
[2] «Nuovo Cimento», XIX, стр. 384, 1863.
[3] Brit. Pat. Spec., 1860, 2587. T h o m p s o n, стр. 18.

движение трансформировалось в электричество с тем, чтобы затем снова превратиться в механическую работу. Подчеркнем, что речь не идет о передачах на большое расстояние.

В 70-х годах двухсторонняя трансформация электричества и механической работы имела своей целью электрификацию мастерских от источников энергии, расположенных тут же у самого предприятия или на расстоянии в сотни метров. Такова была передача, соединившая в 1876 г. две машины Грамма в артиллерийских мастерских С. Тома (60 *м*), передача в мастерские Val d'Osne в Париже и др. [1]. Все эти электродвигатели, питавшиеся током динамо, связывают между собой электромеханику середины века (моторы, получавшие ток от гальванических батарей) и позднейшую эпоху высоковольтных передач постоянного тока (80-х годов).

В осуществлении этих передач заслуга Марселя Депре (1843—1918). Он ввел недостающее звено — высокое напряжение — и является поэтому основателем современной высоковольтной техники. В 70-х годах существовало убеждение, что потери, пропорциональные расстоянию, ограничивают передачу небольшим пространством. Депре сделал доклад на Первом электротехническом конгрессе в Париже, где, на основании ряда теоретических исследований, приходит к мысли о передаче механической работы через генератор, длинную линию и мотор.

В своем докладе Депре следующим образом формулирует общий итог своих исследований.

«На первый взгляд независимость полезного действия от расстояния перенесения кажется парадоксальной, и, действительно, повидимому, количество теплоты, развиваемой по пути, должно возрастать с расстоянием и тем самым обусловливать все бо́льшую и бо́льшую потерю. Иллюзия эта происходит оттого, что потерю на метр проволоки считают постоянной, не замечая, что она зависит от силы тока, которая в свою очередь есть также функция расстояния. Предыдущие формулы дают ясное понятие о том, что происходит на самом деле, и показывают, что при постоянных работах потеря в виде теплоты остается тоже постоянной, так как потеря на единицу длины уменьшается с силой тока» [2].

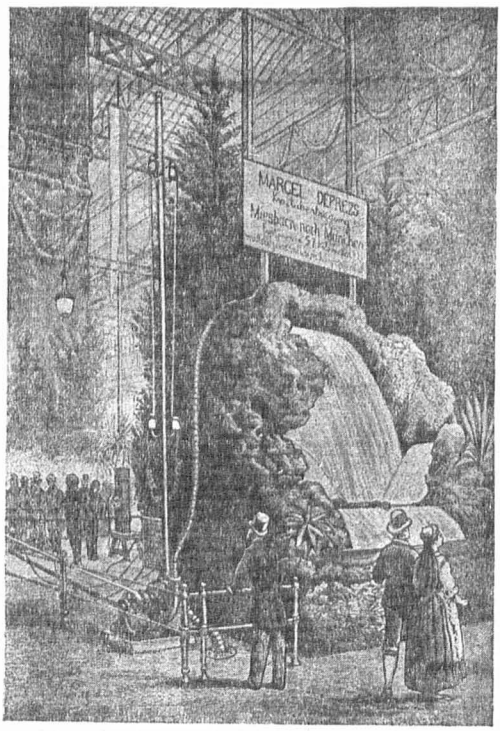
Затем Депре излагает окончательные выводы:

«Таким образом не представляется надобности дожидаться специальных работ для того, чтобы формулировать законы передачи механической энергии. Законы эти выводятся «а приори» и могут быть выражены следующим образом: 1) Положительная механическая работа, представляющая полную израсходованную работу, выражается произведением EJ; для данной силы тока она, следовательно, пропорциональна E. 2) Отрицательная механическая работа выражается произведением eJ; для данной силы тока она пропорциональна, следовательно, e. 3) Полезное действие дается отношением отрицательной электровозбудительной силы к положительной. 4) Полезная механическая работа и полезное действие остаются постоянными, каково бы ни было расстояние передачи, лишь бы положительная и отрицательная электровозбудительные силы изменялись пропорционально корню квадратному из сопротивления цепи» [3].

Теория Депре была обобщением всех теоретических и практических работ 70—80-х годов в области электромеханики. Обобщающий характер теории позволил изложить ее в строго математической форме и таким образом дать исчерпывающее теоретическое доказательство возможности передачи работы электричеством. Это в свою очередь создавало полную уверенность в ее практической осуществимости.

«Я не стараюсь скрыть от себя, — пишет Депре в цитированной статье, — различного рода препятствия, которые необходимо представятся и которые не

[1] А. А. Чернышев, История передачи электрической энергии, «Архив ист. науки и техн.», IV, стр. 270—271.
[2] «Эл-во», стр. 5, 1882.
[3] Там же, стр. 5.



Передача Депре в Мюнхене.

могут быть предвидены, но я знаю, что затруднения этого рода, несомненно, будут побеждены, как только будут твердо установлены основные принципы. Геометрическая строгость вышеизложенных доказательств позволяет быть уверенным, что основания, на которых утверждена изложенная система, отличаются математической достоверностью; опыты в непродолжительном времени дадут и фактическое подтверждение ее» [1].

Депре приводит количественный расчет возможной передачи:

«Мы видим, таким образом, что вполне возможно посредством двух машин типа С передать работу в 10 сил на расстояние 50 *км* с помощью обыкновенной телеграфной проволоки, причем работа, потребляемая передающей машиной, равняется приблизительно 16 силам» [2].

В следующем году Оскар фон-Миллер предложил Депре устроить передачу на Мюнхенской выставке. Передача была осуществлена. Миллер следующим образом описывает ее:

«На угольном руднике в Мисбахе была установлена небольшая паровая машина, вращавшая динамо мощностью в 2 *л. с.* с обмоткой, изолированной шелком, дававшая напряжение в 1 500—2 000 V. Ток передавался по двум обычным телеграфным проводам на расстояние в 57 *км* в помещение выставки в Мюнхене. Там стоял мотор того же типа, что и динамо, накачивавший воду центробежным насосом. Вода образовывала искусственный водопад в 2 *м* высоты. Первый пуск был сделан в 11 часов ночи, когда посетители уже разошлись, чтобы в случае неудачи не было лишнего шума. Я подал знак, и мотор был пущен. Когда заработал центробежный насос и зашумел водопад, все присутствовавшие были охвачены таким восторгом, который сейчас нельзя себе представить».

Однако ближайшие дни принесли разочарования. Передача обладала очень низким коэфициентом полезного действия — 22% и работала с перебоями — стояла восемь дней из двенадцати. Вскоре опыты были повторены в Париже. В Крейле, на расстоянии 112 *км* от Парижа, Депре поставил два локомотива мощностью в 300 *л. с.*, вращавших динамо Грамма, дававшую напряжение в 5 000—6 000 V. Под этим напряжением ток передавал энергию в Париж, где работали двигатели. Узким местом были машины. Машины такой мощности и напряжения еще не изготовлялись в Европе. Поэтому и эта передача работала плохо.

Опыты Депре являются завершением техники постоянного тока, и они уже явственно натолкнулись на границы этой техники. Изоляция на коллекторах задерживает повышение напряжения в машинах, а между тем именно высокое напряжение является основным условием дальней передачи. Известным выходом явилось последовательное включение генераторов постоянного тока. В 1886 г. Фонтен передавал 100 *л. с.* на 50 *км* с коэфициентом полезного действия 50%, соединив последовательно четыре машины по 1 500 V. Эта система была раз-

[1] «Эл-во», стр. 118.
[2] Там же, стр. 3.

работана Тюри, по способу которого в 1887 г. устроена передача близ Генуи от гидроэлектростанции на 30 *км* при напряжении в 12 000 V.

Конечно, первые передачи обладали небольшой силой. В первой установке Депре передавались 2 *л. с.* Но это была сила, способная перевернуть мир. Передача работы посредством электричества подытожила все предыдущее развитие энергетической техники и приоткрыла завесу над ее будущим. Чтобы увидеть это будущее, нужны были глаза гениев.

Сразу же после мюнхенских опытов Маркс проявляет живейший интерес к ним. Этот интерес настолько характерен для Маркса, что Энгельс упомянул об этом в речи над его могилой. Сам Энгельс написал по поводу опытов Депре письмо Бернштейну, которое слишком известно, чтобы его нужно было здесь приводить.

Перейдем к вопросам теории электричества. Если подытожить развитие электромашинной техники, то мы увидим ряд последовательных ступеней. На каждой ступени электротехника включает новый принцип, который был обычно известен раньше, но теперь стал очередным звеном технического развития.

На первой ступени конструкторы натолкнулись на связь переменного тока с электромагнитной индукцией, и результатом были первые формы коммутации. Вторая ступень — применение электромагнитов. Третья — самовозбуждение. Четвертая ступень — это вращение замкнутого контура с попеременным возрастанием и падением числа охваченных силовых линий в машине Грамма. Следующая, пятая, ступень — это применение обратимости Фонтеном и Граммом, и последняя, шестая, — это передача энергии на расстояние.

Посмотрим, каковы общие принципы, характеризующие в нарастающей степени все эти этапы.

Во-первых, — это установление все более тесной связи между механическим производством и электричеством.

Во-вторых, — это растущее значение энергии и ее мерила в электротехнике.

В-третьих, — это все более и более крупная роль электромагнитного поля в явлениях, применяемых электротехникой.

В-четвертых, как это вытекает из сказанного, — все более полное техническое применение открытий Фарадея.

Отсюда следует, что теория, адекватная новой электротехнике, должна была связать электромагнитные законы с механическими, поставить во главу угла понятие энергии, сделать центром исследования среду, поле и, наконец, вернуться к воззрениям Фарадея.

Такой и была теория Максвелла, получившая распространение после описанных сдвигов в электротехнике.

IV. Теория Максвелла

Фарадей и Лагранж. Самоиндукция. Ток смещения. Теория электромагнитного поля. Механика и электричество в теории Максвелла.

Два великих имени стоят у истоков теории Максвелла: Фарадей и Лагранж. Дело заключается не только и даже не столько в том, что Максвелл перевел на математический язык идеи Фарадея и воспользовался при этом уравнениями Лагранжа. Действительная связь гораздо глубже.

Теория Фарадея была обобщением всей лабораторно-экспериментальной работы в области электричества в его «дотехнический» период. Исследования Лагранжа были обобщением механических знаний, примененных в капиталистической промышленности, начиная с промышленного переворота. И, наконец, работы Максвелла отразили ту эпоху, когда возникшая электрическая техника, еще не внедряясь в производственный процесс, создала солидный плацдарм в области освещения городов. В 60—70-х годах электротехника является допол-

Максвелл.

нительной формой системы механического производства. Такому положению соответствует теория, в которой электромагнитные законы хотя бы по форме подчинены общему строю механики. Такова теория Максвелла.

Максвелл порвал с традициями школы Вебера; он пошел совершенно иным путем. Во втором томе «Treatise on Electricity and Magnetism» он пишет: «В ближайших пяти главах настоящего трактата я предполагаю вывести основные положения теории электричества, исходя из такого рода динамической гипотезы, вместо того чтобы следовать пути, который привел Вебера и других исследователей к многим замечательным открытиям и экспериментам, а также к концепциям, некоторые из которых красивы своей смелостью. Я избрал этот метод потому, что хочу показать, что имеются другие пути рассмотрения явлений, кажущиеся мне более удовлетворительными и в то же время более соответствующие принятому в предыдущих частях этой книги методу исследования, чем метод, основанный на гипотезе непосредственного действия на расстоянии» [1].

Нетрудно показать, что эта новая точка зрения опиралась на новый круг наблюдений, вытекавших из применения электричества в новой области. Это прежде всего иллюстрируется кардинальным значением явления самоиндукции в теории Максвелла.

Максвелл ссылается на опыты Фарадея, приводит замечание последнего по поводу самоиндукции: «Первое, что приходит в голову, это что движению электричества в проволоке присуще нечто, подобное количеству движения или инерции», и в § 547—549 «Treatise» разбирает аналогию между самоиндукцией и инерцией жидкости в трубке. Затем он излагает свою точку зрения на роль подобных аналогий.

«Трудно, однако, нашему сознанию, заметив однажды аналогию между явлениями самоиндукции и движением материальных тел, отказаться совершенно от помощи подобной аналогии или признать ее поверхностной или даже обманчивой. Основное динамическое понимание материи как чего-то способного благодаря своему движению становиться носителем количества движения и энергии настолько переплетается с формами нашего мышления, что если мы где-нибудь можем уловить намек на эти свойства в некоторых явлениях природы, мы чувствуем, что перед нами открывается путь, рано или поздно приводящий нас к полному пониманию предмета» [2].

Максвелл указывает границы механической аналогии при объяснении явления самоиндукции. Он указывает на зависимость последней от внешних условий и пишет:

«Такие результаты ясно показывают, что если указанные явления вызываются наличием количества движения, то это количество движения наверное присуще не электричеству в проводнике, так как некоторый проводник, несущий один и тот же ток, обнаруживает различные свойства в зависимости от своей формы. Даже если форма проводника остается той же самой, присутствие посторонних тел, как, например, куска железа или замкнутого металлического контура, изменяет результат» [3].

---

[1] «Treatise», II, 552. Цитируется по наиболее точному и безупречному переводу акад. В. Ф. Миткевича в «Физических основах электротехники».

[2] Там же, стр. 550.

[3] Там же, стр. 549.

Таким образом новые явления, получившие в 60—70-х годах техническое применение, заставили Максвелла подойти к электрическому току с механическими моделями «количества движения» и при этом перенести центр тяжести вопроса из проводника в окружающее его поле. Тем самым понятие электрического тока стало несравненно более широким. Прежде всего, применяя к среде, окружающей проводник, механические представления, Максвелл установил понятие электрического смещения, т. е. поляризации диэлектрика и электрической упругости. «Аналогия, — пишет он, — между действием электрической силы, производящей электрическое смещение, и обычной механической силой, производящей (материальное) смещение в упругом теле, настолько очевидна, что я назвал отношение электрической силы к соответствующему электрическому смещению коэфициентом электрической среды» [1].

Решающее значение для теории электричества имело введенное Максвеллом понятие тока смещения, т. е. изменения электрического смещения. Тем самым электрический ток оказался явлением, свойственным диэлектрикам, и Максвелл смог установить принцип замкнутости тока.

«Что бы ни представляло собой электричество и как бы мы ни понимали движение электричества, — явление, которое мы назвали электрическим смещением, есть движение электричества в том же смысле, как и перенос определенного количества электричества по проводу представляет собой движение электричества; различие только в том, что в диэлектрике имеет место сила так называемой электрической упругости, которая действует против электрического смещения и принуждает электричество двигаться обратно, когда электродвижущая сила перестает действовать; в то же время в проводнике электрическая упругость непрерывно уступает под действием электродвижущей силы, так что возникает действительно проводниковый ток и сила сопротивления зависит не от общего количества электричества, смещенного из его состояния равновесия, но от количества, которое проходит сквозь сечение проводника за данный промежуток времени.

Во всех случаях движение электричества подчиняется тем же условиям, как и движение несжимаемой жидкости, именно в любой промежуток времени из замкнутой поверхности должно вытекать как раз столько, сколько будет вводиться внутрь поверхности. Из этого следует, что каждый электрический ток должен образовывать замкнутую цепь» [2].

Эти понятия привели Максвелла к самому широкому обобщению явлений электричества и магнетизма. Магнитное и электрическое поля оказались связанными между собой таким образом, что изменение одного из них вызывает появление второго. Здесь единство электричества и магнетизма показано иначе, чем у Фарадея. Фарадей исходил из идеи единства сил природы, но не видел неизменного количественного мерила энергетических переходов и не пришел к современному понятию энергии. Сын другой эпохи, Максвелл, сделал общее для физики понятие энергии основным понятием теории электричества.

С этим связана электромагнитная теория света. Рапространение электромагнитного поля Максвелл рассматривал как движение энергии. Он показал при этом, что отношение электромагнитной единицы электричества к электростатической имеет размерность скорости и равно скорости света. Это связано с представлением о свете, как об электромагнитной волне.

Наряду с четкой количественной трактовкой принципа единства и сохранения энергии, отличием Максвелла от Фарадея является математический характер исследования и изложения проблем электричества. Объясняется это, конечно, не личными вкусами Максвелла, а историческим смыслом его работ. Если работы Фарадея — синтез лабораторно-экспериментальных исследований (английская электрохимия и французская электродинамика), то работы Максвел-

[1] «Treatise», стр. 60.
[2] Там же, стр. 62.

ла — это синтез теории электричества и механики (на базе первоначальной электромашинной техники). Конечно, такой синтез мог быть сделан лишь в абстрактно-математической форме. При этом исторический смысл работ Фарадея вскрывается анализом связи этих работ с математическими построениями Лагранжа. Лагранж сводил механику к математике. В противоположность этому Максвелл вывел из математических построений несводимые к ним физические представления. В пятой главе второго тома своего трактата Максвелл пишет:

«Целью Лагранжа было подчинить динамику методам высшего анализа. Он начал с представления элементарных соотношений динамики в виде соответствующих соотношений между чисто алгебраическими количествами и из полученных таким образом уравнений вывел чисто алгебраически свои окончательные уравнения. Некоторые количества (выражающие те реакции между частями системы, которые вызваны ее физическими связями) входят в уравнения движения отдельных частей системы, и исследование Лагранжа является с математической точки зрения методом исключения этих количеств из окончательных уравнений.

«В процессе этого исключения мы имеем дело с чистым анализом и должны поэтому быть свободны от оперирования с идеями динамики. В противоположность этому наша цель состоит в укреплении наших динамических представлений. Мы, таким образом, пользуемся трудами математиков и переводим их результаты с языка математики на язык динамики так, чтобы наше изложение вызвало представление не об алгебраическом процессе, а о некоторых свойствах движущихся тел» [1].

Чисто механические процессы могут быть целиком описаны первой формой уравнений Лагранжа, выражающей связь между массами, силами и декартовыми координатами. Включение электричества в цепь механического производства потребовало иного математического аппарата. Основные процессы электромеханики не могли быть охвачены этими уравнениями, так как электрические силы не могли быть представлены подобно механическим в декартовых координатах. Максвелл остановился на второй форме уравнений Лагранжа, где координаты могут быть не только геометрическими, но и любыми физическими величинами. Таким образом выбор этой формы уравнений определился невозможностью сведения электрических явлений к чисто механическим моделям.

Сущность процессов, применявшихся в электрической технике 60—70-х годов, заключается во взаимодействии механического и электрического движения. Теоретическое отражение этой техники — теория Максвелла, — должно было обобщить обе эти формы движения единым математическим аппаратом. Таким является вторая форма уравнений Лагранжа.

Подведем итоги. Мы рассматривали теорию Максвелла как синтез механических воззрений и электродинамики. Максвелл распространил общие принципы механики на новую область явлений. Это было последним звеном в построении целостной механической картины мира, завершением развития механики Ньютона и Лагранжа. Но подчинение электричества механике — последний шаг классической механической теории — было первым шагом к ее преодолению, первым шагом к подчинению механики электричеству. Механика дорогой ценой купила включение электричества в свою систему. Во-первых, основное значение приобрели те уравнения, выбор которых, как мы видели, выражал невозможность сведения электрических явлений к механическому перемещению. Во-вторых, — и это главное, — ньютонианская картина, ограничивавшая движение перемещением масс в пустоте, сменилась картезианской картиной заполненной среды.

Максвелл считал ошибочным утверждение Декарта об идентичности пространства и вещества. «Эта ошибка, — пишет Максвелл, — проходит через все части большого труда Декарта и образует одно из основных положений системы

[1] «Treatise», III, стр. 554.

Спинозы»[1]. Но основная физическая идея, которую Максвелл, следуя за Фарадеем, положил в основу своих работ, заключалась в признании среды, окружающей электрические заряды, активным материальным носителем энергии, а не расстоянием. Эта идея и воплотилась в понятие смещения, замкнутого тока и электромагнитного поля. Таким образом с теории Максвелла начинается отход от классической ньютонианской механики.

Мы видим очень далеко идущее соответствие между отношением электричества к механическому производству, с одной стороны, и отношением механики к теории электричества — с другой. В производстве электромеханика означала, что, уступая электричеству некоторые области и в то же время опираясь на электрификацию связи и городского освещения, механическое производство поднимается на новую ступень. В теории электромеханическая система Максвелла означала, что, поднявшись на новую ступень, включив электромагнитные законы, механика сделала первый шаг к тому, чтобы впоследствии уступить этим законам роль основных законов природы.

---

[1] Максвелл, Материя и движение, М., Гиз, стр. 9.

Я. СВИККЕ
Т. РОМАНОВ

Очерки из истории техники пищевой промышленности

I

История пищевой промышленности (со входящими в нее отраслями добывания и приготовления пищи) изложена буржуазной исторической наукой в идеалистической концепции оторванно от общего хода развития производительных сил и производственных отношений.

Весьма значительное накопление исторического материала в западноевропейской и американской литературе не дает изложения истории развития техники по общественно-экономическим формациям и не вскрывает социально-экономических причин, влияющих на ход развития техники.

Буржуазная историческая наука не рассматривает развитие производительных сил как решающую силу в изменении производственных отношений и в возникновении, развитии и гибели общественных формаций. Технологические процессы и их естественнонаучные основы рассматриваются оторванно от социально-экономической базы общества.

Настоящий очерк ставит своей целью осветить действительный ход развития техники добывания и приготовления пищи в доклассовом и античном обществах на основании данных археологии и памятников письменности.

Для изучения и понимания самой сущности добывания и приготовления пищевых продуктов на различных этапах развития общественно-экономических формаций «Останки средств труда» [1] являются единственными достоверными памятниками, по которым можно проследить предпосылки современной пищевой промышленности.

Наши начальные исторические документы, археологические и этнографические данные свидетельствуют о том, что в докапиталистических социально-экономических формациях пищевой промышленности в собственном смысле этого слова не было. Здесь может итти речь только о развитии техники добывания и приготовления пищи.

Поэтому в данном очерке освещаются вопросы, касающиеся сырьевой базы для добывания пищи, изменения видов хозяйства на различных этапах и в связи с этим также вопросы развития самой техники.

Особое внимание обращено на открытие огня, изобретение глиняной посуды и влияние этих открытий на переход от потребления продуктов в сыром виде к варке последних.

Кроме того, освещены техника и технологические процессы мукомольного производства, одной из основных отраслей в обработке пищевых продуктов.

---

[1] К. Маркс, Капитал, т. I, отд. III, гл. V, стр. 121, Гиз, 1928.

Развитие механизмов и применение силы животных и воды имели место в описываемые эпохи главным образом в этой отрасли производства. Поэтому нами в сжатом виде отмечено ее влияние на остальные ведущие отрасли промышленности.

Обработка молока и молочных продуктов увязана с развитием сырьевой базы (животноводство). Развитие земледелия показано как основной источник сырья для всех видов добывания пищевых продуктов, поэтому нами вкратце перечислены основные достижения в сельском хозяйстве.

Доклассовое общество (первобытный коммунизм)

История человеческого общества начинается с момента, когда человек, начинает изготовлять орудия труда. К. Марксом приводится в «Капитале» франклиновское определение человека как «a tool making animal — животное, делающее орудие» [1].

Целесообразная деятельность человека, т. е. процесс труда, лишь тогда приобретает свое историческое значение, когда материальное производство совершается при помощи определенных орудий труда. Эта «целесообразная деятельность» человека составляет общую основу развития общества и является вечным естественным условием человеческой жизни, незыблемым законом, который «одинаково общ всем ее общественным формам»[2]. Орудия труда на ранних ступенях развития человеческого общества имеют самую примитивную форму.

Посредством этих примитивных орудий человек начинает воздействовать на природу, извлекая из нее предметы для своего пропитания, одновременно формируя себя в этой трудовой деятельности. Энгельс, подчеркивая громадное значение труда в формировании самого человека, писал, что «он (труд. — *Я. С.* и *Т. Р.*)— первое основное условие человеческого существования» и «что мы в известном смысле должны сказать: труд создал самого человека» [3]. В процессе труда по добыванию пищи и изготовлению орудий формировалась рука человека, т. е. орган, значение которого в процессе очеловечения не может быть преувеличено. Энгельс говорит: «Ни одна обезьянья рука не изготовила когда-либо хоть бы самого грубого каменного ножа...» [4]; рука человека «является не только органом труда, она также его продукт» [5].

Применение кремневых орудий труда и воздействие ими на природу уходит в прошлое, за сотни тысяч лет до нашего летоисчисления. Это подтверждается кремневыми находками в Пикурни у Ориньяка (в департаменте Контала, во Франции).

Раскопки в Стрепи при Монсе (Геннегау), при Шелли на Марне (в окрестностях Парижа) и другие, а также материал из последних раскопок, произведенных Пейрони [6] при Ле-Мустье (округ Дордон, Франция) и в Таубахе (в долине Ильма, Тюрингия) подтверждают, что заметный прогресс в технике каменных орудий начинает обнаруживаться уже к концу палеолита. При раскопках Маглемозы («Большого болота») на датском острове Зеландии в 1930 г. датчанин Сараув обнаружил костяные крючки, костяные ножи для чистки рыбьей чешуи,

---

[1] К. Маркс, Капитал, т. I, гл. V, стр. 121, Гиз, 1928.
[2] К. Маркс, Капитал, т. I, гл. V, стр. 125, Гиз, 1928.
[3] Ф. Энгельс, Диалектика природы, соч. М. и Э., т. XIV, стр. 452.
[4] Ф. Энгельс, Роль труда в процессе очеловечения обезьяны, «Диалектика природы», 4-е изд., стр. 62.
[5] Ф. Энгельс, там же.
[6] M. Peyrony, Après une grande crue préhistorique de la Vézère, Revue de géographie commerc., Bordeaux, 1914; его же, Le mousterien — ses facies. Ass. F. p. I. Av. des Congrès de Strasbourg, 1921; H. Obermaier. Das Paläolithikum und Epipaläolithikum Spaniens. Anthropos, Bd. XIV—XV, 1919—20, стр.. 143—179.

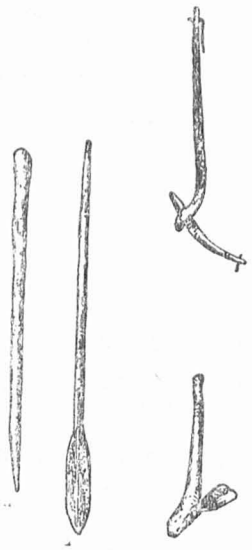


Рис. 1. Индеец Зуни, вскапывающий землю. Копательные палки. Доисторический плуг, найденный в Доструне, в Ютландии. Плужная мотыга.

кремневые топоры, роговые кинжалы, секиры из лосевого рога, служившие для рыболовства и звероловства [1].

Следовательно, основными орудиями труда на первой ступени доклассового общества были кремневые топоры, скребки, костяные иглы, гарпуны из оленьего рога и т. д., приспособленные почти исключительно к добыванию пищи. Уже на самых первых ступенях развития человеческого общества первобытный человек в добывании пищи отличается от животных умением изготовить простые орудия и использовать их в борьбе за существование. Можно, однако, утверждать, что до перехода от присваивающего хозяйства к воспроизводящему техника добывания и приготовления пищи развивалась очень медленно.

Переход к воспроизводящему хозяйству связан с оседлым образом жизни, с моментом, когда решающую роль в добывании пищи начинают играть новые виды хозяйственной деятельности — животноводство и земледелие. Перечисленные выше орудия труда при переходе к воспроизводящему хозяйству оказались недостаточными. Обработка земли требовала коренных изменений в этих орудиях и дополнения их новыми. Целесообразная конструкция новых орудий определялась возникновением новых процессов труда по обработке земли, добыванию продуктов и приготовлению пищи. В дополнение к метательным орудиям, служившим для охоты на животных и сбивания плодов, потребовались орудия для разрыхления земли, сборки урожая, обработки новых видов продуктов и т. п. Так, первобытный человек постепенно, в процессе «целесообразной деятельности», изготовляет каменную кирку, каменный серп, нож, лопату и т. д. (рис. 1). Такое же развитие орудий труда мы наблюдаем и в других отраслях хозяйственной жизни. Если раньше для охоты употреблялись палка и камни, то впоследствии для дальнего поражения животных и дичи человек изготовил бумеранги, гарпуны, копьеметалки. Подобные орудия охоты и теперь встречаются у современных народов Австралии [2] (рис. 2). В помощь себе человек приручил собаку — первое домашнее животное. Наряду с этим возникает необходимость в средствах передвижения, причем используются водные бассейны (реки, озера и т. д.). Первоначальными средствами передвижения по воде служили выкорчеванные пни деревьев, замененные потом плотами, плетеными корзинами, долбленными лодками и т. п. Перечисленные средства передвижения мы встречаем у многих современных отсталых народностей.

---

[1] Sarauw Georg, Maglemose. Prehistorische Zeitschrift, 1911, Bd. III und VI; Г. Обермайер, Доисторический человек, СПБ. 1913 г., стр. 544.

[2] Сиверс В. и Кюкенталь В., Австралия, Океания и Полярные страны, СПБ. 1896 г., изд. т-ва «Просвещение», стр. 146, 147—148, 197—206; Hassert, Australien und Neuseeland georgaphisch und wirtschaftlich, Stuttgart 1924; B. Braugh-Smith, The aborigenes of Victoria, 2 vols, London 1878.; Thomas Worsnop, The prehistoric arts of the aborigenes of Australia, Adelaide 1897; Walter Roth, Ethnological studies among the North-West central Queensland aborigenes, Brisbone 1897. B. Spencer and F. Gillen, Native tribes of Central Australia, London 1899; B. Spencer and Gillen, The natives of the northern territory of Australia, London 1914.

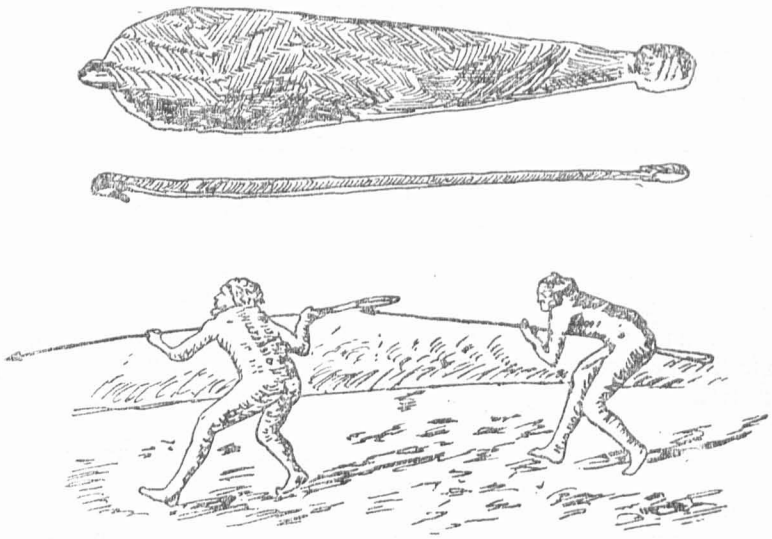


Рис. 2. Австралийцы на охоте.
Вверху — копьеметалка, изображенная в двух видах: сбоку и сверху.
Внизу — два охотника с копьями и копьеметалками, бегущие за дичью.

Усовершенствование и изменение процесса труда и техники были вызваны необходимостью добывания пищевых продуктов и их обработки. При прежних хозяйственных формах (собирание, охота) человек целиком зависел от стихий природы, подвергаясь голодовке при засухе, неудачной охоте и т. д.

Эта зависимость человека от природы и борьба с ее стихиями толкали его к исканию новых путей для поддержания своего существования и привели его к земледелию и скотоводству. Последние виды хозяйства не только имели решающее значение в процессе освобождения человека от власти природы, но и составляли материальный базис, на котором развивались производительные силы, техника и производственные отношения. Приручение диких животных положило начало новой отрасли хозяйства — скотоводству. После собаки [1], которая использовалась для охоты и мясо которой шло в пищу до приручения других животных, началось одомашнение других животных. Людьми свайных построек была приручена коза мелкой породы («торфкоза») и затем оленеголовой породы корова («торфкорова»). Это небольшие короткорогие, оленеголовые животные, так называемые короткороги или длиннолобы, потомки которых продолжают существовать в виде бурых коров в Готтардской области Швейцарии или в виде английской джерсейской коровы. Оленеголовые коровы держались больше двух тысячелетий до того времени, когда они были вытеснены более сильной породой рогатого скота, родственной зубровой породе. Позже была приручена овца, кости которой также найдены в раскопках свайных построек. В пищевых отбросах начала бронзового века обнаружены черепа сильных пород рогатого скота. Все эти животные, включая рогатый скот и овец, первоначально шли на убой. Лишь позже, с развитием земледелия, рогатый скот стал применяться для перевозки грузов и для пахоты плугом.

Потребление мяса привело человека к приручению животных и к пользованию огнем для приготовления пищи. Об этом Энгельс в «Диалектике природы» пишет:

[1] M. Hilzheimer, Natürliche Rassengeschichte der Haustieren, 1925; Ph. Salman, G. d'Ault du Mesnil et L. Capitan, Le Campignien, Revue Antropologique, 8, 1898; Г. А. Бонч-Осмоловский, О нарезках на палеолитических костях, Сообщ. ГАИМК 1931 г., № 8.

«Введение в потребление мясной пищи привело к двум усовершенствованиям, имеющим огромное значение: к пользованию огнем и к приручению животных. Первое сократило еще более процесс пищеварения, так как оно доставляло рту, так сказать, уже полупереваренную пищу; второе обогатило запасы мясной пищи, так как наряду с охотой оно открыло новый источник, откуда ее можно было регулярно черпать, и доставило в виде молока и его продуктов новый, по разнообразию элементов равноценный мясу предмет питания. Таким образом оба эти усовершенствования стали непосредственно средствами эмансипации для человека» [1].

II

До применения огня ни о каком приготовлении пищи и говорить не приходится, так как пища потреблялась в таком виде, в каком она бралась из природы. Собранные растительные плоды, коренья, мелкие моллюски и животные употреблялись в сыром виде.

«Пока не стало известно употребление огня, не существовало даже приготовления собранной пищи для еды» [2].

Но еще большее значение имеет использование огня для плавки металлов (бронзы, железа и т. п.). Оно привело к применению медных, бронзовых и железных орудий, коренным образом изменивших способ производства и формы производственных отношений.

Общественное пользование огнем — первая великая революция в развитии человеческого общества.

В нашу задачу не входит рассмотрение влияния применения огня во всех технических областях хозяйственной деятельности первобытного человека. Мы вынуждены ограничиться освещением использования его в целях приготовления пищи. Огонь начинает применяться для поджаривания рыбы, мяса и зерен на камнях. Это подтверждают раскопки в пещере Дюпонт (Бельгия) и все раскопки свайных построек (Западная Европа).

Раскопки, произведенные в таубахском известковом туфе у Веймара (Германия), и крапинские находки у Аграма (Кроация), где обнаружены кучи обуглившихся костей различных животных, указывают, что мясная пища, употреблявшаяся в общественных трапезах [3], приготовлялась на огне.

Первоначально мясо крупных животных (четвертичного исполинского слона, носорога, пещерного льва, пещерного медведя, пещерной гиены, оленя, козули, бизона, дикой свиньи, дикого коня, волка и др.) жарилось на тлеющих углях или непосредственно в пламени костров. Более мелкие животные (ящерицы, змеи, моллюски и т. п.), а также рыба нанизывались на палку или укладывались на настил наклонных жердей и точно так же поджаривались на огне. Подобный способ поджаривания применялся еще в XVI в. некоторыми туземцами в северо-западной Бразилии (рис. 3) [4], но при таком способе мясо на поверхности обугливалось,

Рис. 3. Варка рыбы на очаге (Бразилия).

[1] Ф. Энгельс, Диалектика природы, соч., т. XIV, стр. 457—458.

[2] Г. Кунов, Всеобщая история хозяйства, М.—Л., 1929, стр. 15.

[3] Г. Кунов и Г. Левин-Дорш, Очерки по истории первобытной культуры, Минск 1923, стр. 18.

[4] I. Krause, Das Wirtschaftsleben der Völker, Breslau 1924, стр. 172, § 6.

а внутри оставалось сырым или недожаренным. Этот примитивный способ приготовления мясной пищи был вытеснен более совершенным способом, который и доныне применяется отсталыми австралийскими племенами. Мясо стали жарить не прямо на углях или в пламени, а как бы томили его между камней, которые снаружи накалялись огнем. Этот способ заключался в следующем: на дне специально вырытой ямы укладывались плоские камни, на которых разводился костер. На раскаленные камни, предварительно очищенные от угля и золы, клали куски мяса, которые сверху накрывали еще одним рядом таких же плоских камней. На последних опять разводили костер. Таким образом мясо находилось под действием высоких температур, но не соприкасалось непосредственно с огнем, а поджаривалось уже от окружавших его раскаленных камней. Иногда раскаленные камни вкладывались на место вынутых потрохов внутрь всей туши животного, и тогда оно поджаривалось целиком. Этим способом достигалось более или менее равномерное поджаривание мяса [1].

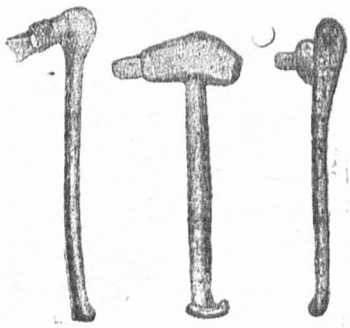


Рис. 4. Кремневые топоры с рукоятками, служившие для разрубания мяса и пр.

Еще лучшие результаты, безусловно, могли получиться при варке кусков мяса. Для разрубания туши применялись топоры, состоящие из каменного отшлифованного острия, вставленного непосредственно в деревянную рукоятку под прямым углом или укрепленного в роговой втулке, которая после вкладывалась в рукоятку (рис. 4). Описанные топоры для разрубания мяса найдены в раскопках свайных построек в Швейцарии и относятся к неолитическому периоду [2]. Подобные топоры, но более примитивные, Т. де-Бри [3] во время путешествия в 1585 г. видел у туземцев Бразилии, потреблявших в пищу мясо убитых пленников.

Применение огня для приготовления пищи дало возможность использовать новый источник питания — рыбу и других водяных животных, что привело к новому виду хозяйства — рыболовству. Для ловли рыбы потребовались и новые орудия и приспособления. Первоначальными приспособлениями являлись гарпуны, корзины и плетеные или долбленые лодки (рис. 5). В дальнейшем корзины заменяются сетями из камыша или тростника (рис. 6). Подобные сети применялись у племени Карапа в центральной Бразилии [4].

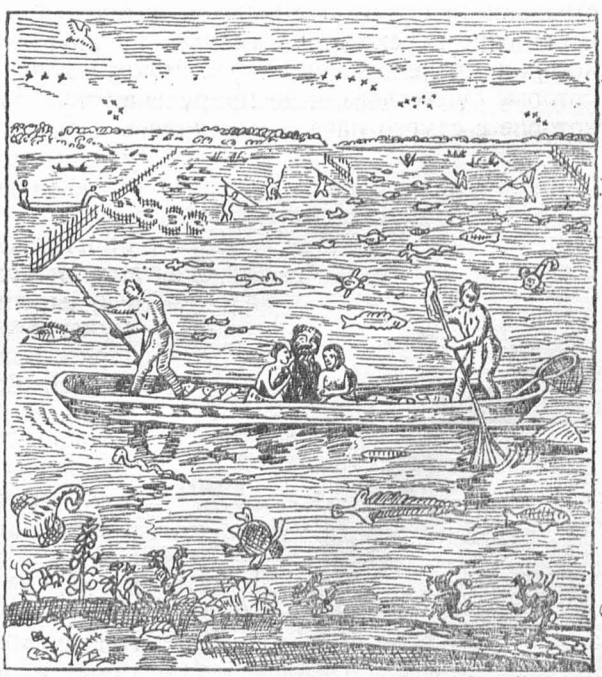


Рис. 5. Ловля рыбы гарпунами и плетеными корзинами у индейцев-секатанов в XVI в.

[1] Г. Кунов, Всеобщая история хозяйства, М.—Л. 1929, стр. 37—38.
[2] R. Forrer, Reallexikon, Berlin 1907, стр. 70, T. 21.
[3] T. de Bry, Admiranda narratio, Francofurti 1590, ч. III, стр. 127.
[4] I. Krause, op. cit. Abb. 3.

Рис. 6. Сети для ловли рыбы у туземцев Бразилии.

Наряду с применением огня особо важное значение для первобытного общества имеет появление в период низшей ступени варварства глиняной посуды. До появления такой посуды человек пользовался для хранения и приготовления пищи сосудами, сделанными из кожи животных, пузырей, раковин, скорлупы яиц, из выдолбленного или выжженного куска дерева, человеческого черепа и т. п. И теперь еще австралийцы пользуются подобными сосудами. В Африке применяются для этой цели скорлупа страусова яйца, пустая тыква, щит черепахи, кожура кокосовых орехов.

Глиняная посуда дала возможность не только варить мясо, но и приготовлять горячую жидкую пищу — различные блюда. Несъедобные в сыром виде растительные и животные продукты стали потребляться человеком в вареном виде. По утверждению историков первобытной культуры (Никольский и др.) глиняная посуда была изобретена женщиной на ранней ступени перехода от собирательства растений к земледелию. В Австралии у отсталых племен и теперь изготовлением горшков занимается женщина (рис. 7).

Общественный труд женщин, направленный на возделывание зерновых культур, на изготовление горшков и варку в них пищи на огне постепенно приобретал решающее значение в изменении производственных отношений. Труд мужчины-охотника постепенно утрачивал свое значение, он зависел от удач в охоте, от времени года и т. д. Труд женщины, наоборот, создавал источники постоянных запасов питания в виде зерна, плодов и т. д. От труда женщины зависело существование не только детей, но в значительной степени и мужчин. Бродячие племена постепенно переходили в родовые группы, отсюда начинается по женской линии история происхождения рода. Вокруг женщины-матери группировались роды, которые существовали до приручения животных и до развития животноводства, которое с самого начала находилось в руках мужчин. И лишь позднее, как мы увидим ниже, с появлением собственности на стада мужчина становится господином положения.

Рис. 7. Изготовление горшков в Новой Гвинее ручным способом (по Финшу).

Первым и достоверным источником, свидетельствующим об употреблении глиняной посуды, являются археологические раскопки «кухонных остатков» (побережье Балтийского моря в Дании) и Кампинийская яма (в области нижней Сены во Франции). В раскопках Дании найдены черепки глиняной посуды, состоящей из неочищенной грубой глины, смешанной с зернами гранита. Такая примесь, вероятно, делалась для предупреждения растрескивания посуды от жара и высыхания. Посуда изготовлена руками без гончарного круга. Обжигание производилось, повидимому, на открытом воздухе, так как остатков горшечной печи ямы нигде не найдено. Обжигание производилось очень плохо, и прокаливание бывало недостаточным. Это видно из того, что черепки в разломе имеют с внешней

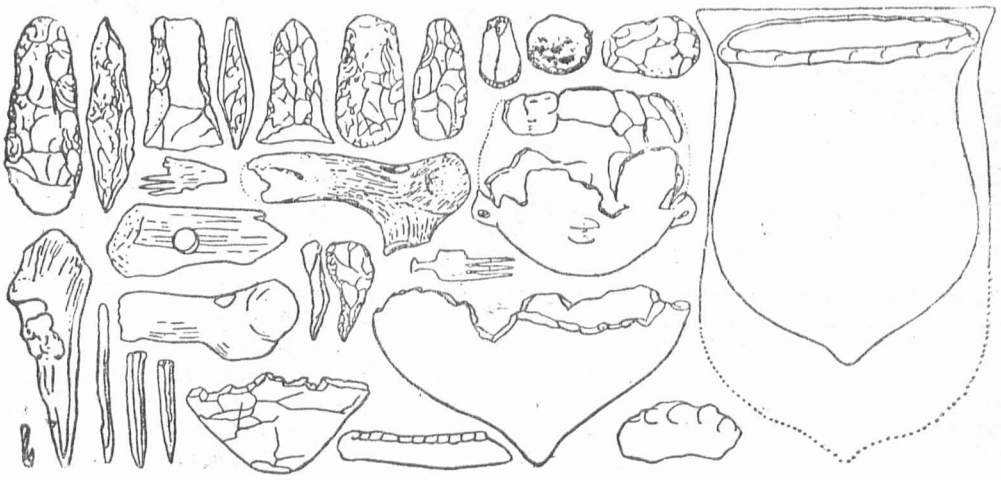


Рис. 8. Обломки глиняной посуды, найденные в раскопках кухонных остатков (Дания).

стороны красноватый цвет, а внутри — сероватый. Форму посуды установить очень трудно, но по черепкам все же удалось различить два вида посуды. Это или небольшие овальные, округленные снизу чашки с бородавчатыми просверленными ушками, в отверстие которых можно было продеть шнурок, или большие горшки без ручек с заостренным или плоским дном (рис. 8). Единственным орнаментом являются подрезы или вдавлины, сделанные в сырой глине по верхнему краю посуды. В Кампинийских ямах (Франция) обнаружены черепки глиняной посуды уже с более сложными орнаментами и рисунками (угловато-ленточные и шнуровые). Эти раскопки дают возможность отнести появление глиняной посуды к неолитической эпохе. Как промежуточную форму сосуда для варки жидкой пищи до появления глиняных горшков следует отметить плотно сплетенные корзины, обмазанные сверху глиной. В эти корзины наливали воду, добавляли зерна, муку и т. п. и бросали в них раскаленные камни, от которых вода закипала и масса варилась. Подобную варку пищи применяют и теперь туземцы Калифорнии [1] (рис. 9).

С открытием огня получает свое развитие очаг для приготовления пищи. Первым очагом можно считать костер, разведенный между каменными плитами, на которых укладывались для поджаривания куски мяса. Употребление глиняной посуды потребовало такого устройства очага, чтобы на нем можно было поместить горшок с пищей. Остатки очага, относящиеся к неолитическому периоду [2], найдены в раскопках на холме Кампиньи в области Нижней Сены (Франция). Два очага Мадленской стоянки найдены также в Швейцерсбильде (Шафгаузен). На первых порах очаг состоял из поставленных на ребро каменных плит, между которыми сверху ставился горшок, а снизу разводился костер. Иногда горшок подвешивался на палках (в виде треножника, как это

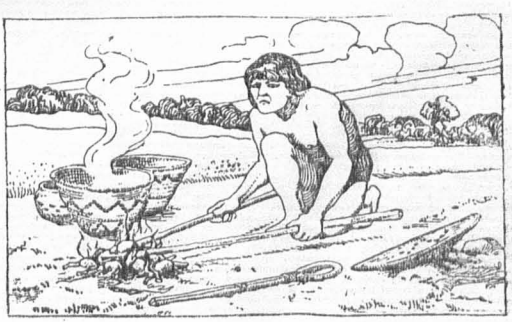


Рис. 9. Варка жидкой пищи в корзинах при помощи раскаленных камней (Америка, Калифорния).

[1] I. Krause, Op. cit, стр. Abb. 4.

[2] Габриель и Адриан Мортилье, Доисторическая жизнь, СПБ 1903, стр. 156—157. Internat, Arch. f. Ethnographie, Supplem. zu Bd. 23, 1915, стр. 48.

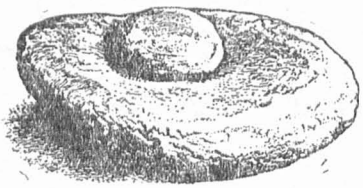


Рис. 10. Примитивная каменная ступка, найденная в археологических раскопках в Калифорнии.

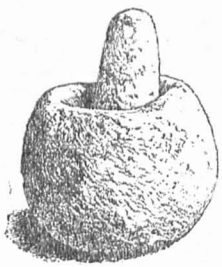


Рис. 11. Каменная ступка, употребляющаяся у племени иокутов в Калифорнии.

применяется и теперь у многих отсталых народов), между которыми разводился костер. Дальнейшее развитие очага связано с выпечкой хлеба. Об этом речь будет итти ниже.

III

Новым шагом в развитии способов приготовления пищи было изобретение метода дробления и перетирания зерна на камнях, а затем хлебопечение. Первым достоверным источником, указывающим на растирание зерна, являются раскопки на холме Кампиньи (Франция). Там найден кусок песчаника, представляющего собою зернотерку, применявшуюся для измельчения зерен. На одном черепке глиняной посуды обнаружен отпечаток ячменного зерна, указывающий на употребление зерновых растений [1]. По данным ботаника Нейвейлера европейцы неолитического периода уже возделывали почти все и ныне культивируемые злаки: ячмень, просо, пшеницу, рожь и овес, поэтому начинают чаще появляться ручные зернотерки, и раскопки «свайных построек» в Германии, Франции, Италии, Швейцарии, Австрии и других странах ярко указывают на это. Большинство раскопок относится к бронзовому веку. В раскопках в Швейцарии найдены пшеничные и ячменные колосья и зерна, а также зерна проса, горока и чечевицы [2]. Эти зерна растирались камнем в слегка выдолбленной каменной чаше (рис. 10) или в ступке каменным пестом (рис. 11). Подобные ручные зернотерки применяются у отсталых народностей Австралии и Америки до настоящего времени и обнаружены в раскопках в м. Нишинам в Калифорнии [3].

Из полученной муки с добавлением воды и жира приготовлялись пресные лепешки или тестообразная масса. Остатки таких лепешек найдены в раскопках свайных построек в Швейцарии. Величина древнейших лепешек — с небольшое чайное блюдце толщиной 2—3 *см*.

Для иллюстрациии всех процессов приготовления растительной жидкой пищи при помощи примитивного очага и горшков мы приводим рис. 12, изображающий эти процессы у жителей Флориды, в Америке [4]. Налево, в верхнем углу, человек растирает камнем зерна, которые до этого отсортировали женщины (направо на заднем плане);

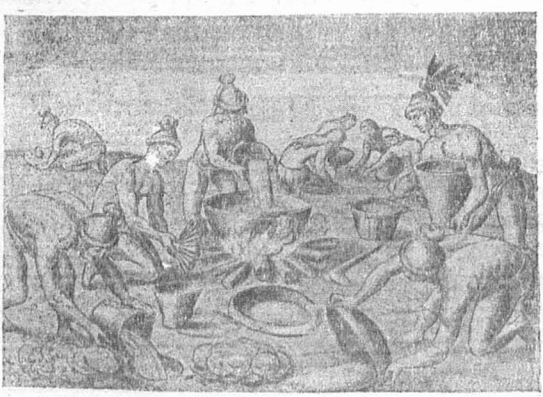


Рис. 12. Способ приготовления жидкой пищи, виденный Т. де-Бри у жителей Флориды (в Америке).

[1] D-r. Heer., Die Pflanzen der Pfahlbauten Neujahr. Naturf. Gesellschaft, 1886.

[2] Neuweiler, Die praehistorischen Pflanzenreste Mitteleuropas, Zürich 1905; Pittard E., Recent investigations of the lake dwellings of Switzerland, Nature, 1922 v. 110. № 2748, p. 12—14.

[3] Strehlow C., Die Aranda-und Loritja-Stämme in Zentral-Australien, T. I—V, Frankfurt. a. M. 1907; Holmes, Antropol. studies in California. Nation. Mus. Waschington 1902. Pl. 2 u. 13.

[4] T. de Bry, Admiranda narratio Francofurti 1590, Pars I, pp. XXVIII, XXIX.

в центре — варка пищи в глиняном горшке на костре, огонь которого раздувается веером. На переднем плане — промывание муки водой для устранения горького привкуса. Таким образом растертые горькие желуди могли быть использованы для варки пищи.

Рис. 13. Приготовление пищи из маниока в Бразилии. *1*—растирание зерна, *2*—выжимание сока, *3*—глиняный очаг.

Выпечка лепешек или хлебцев у индейцев Бразилии производилась на очаге, состоящем из каменной плиты, положенной на глиняные стены (рис. 13). Под плитой между стенками разводился костер, а на раскаленной плите производилась выпечка хлеба [1].

Начало пользования молоком животных, несомненно, относится к далекому прошлому (к концу неолитического периода). Об этом свидетельствуют археологические раскопки в палафитте Шаленского озера (Франция) и другие раскопки свайных построек, где найдены маслобойные мутовки и корзины для сыра [2]. Следует отметить, что первоначальное приручение животных имело целью не получение от них молочных продуктов, шкур для одежды и шерсти, не применение их в качестве тягловой силы, а исключительно получение мясного продукта. Дикое животное и не могло давать молока больше, чем это требовалось для питания молодняка. Лишь после долгого культивирования прирученных животных человеку удалось вырастить таких животных, которые стали увеличивать удой молока, что дало возможность употреблять молоко как питательный продукт в пищу.

Что же касается молочных продуктов (сыра и масла), то вышеуказанные археологические данные не могут служить доказательством изготовления и потребления их первобытным человеком. По утверждению Г. Кунова и Левин-Дорш нигде в старейших раскопках не найдены болтушки для сбивания масла, «они появляются только в начале бронзового века» [3].

Техника консервирования как способа сохранения пищи не отражена в археологических раскопках. Поэтому мы вкратце опишем, как современными отсталыми племенами приготовляются пищевые продукты, предназначенные на долгое хранение. На Андаманских островах (Бенгальский залив Индийского океана) приготовляют нечто похожее на консервы в толстых бамбуковых стеблях, разрезанных на куски по 30—40 *см*. Эти полые цилиндрические куски бамбука просушивают на огне до тех пор, пока из них не испарится сок. В эти просушенные трубки набивают копченые или вареные куски свиного, черепашьего или птичьего мяса и медленно варят их на слабом огне. После этого отверстия трубок обмазывают глиной или заделывают листьями и ставят в хранилище. Перед потреблением отверстия открываются, и набитые мясом трубки бамбука опять варятся на слабом огне [4]. Некоторый интерес представляет хранение мяса у отсталых племен на острове Цейлоне. Они коптят на огне или сушат на воздухе нарезанные куски мяса до отвердения, завертывают эти куски в древесную кору и плотно набивают ими дупло в дереве. Отверстие дупла потом заделывают глиной. Когда нужно, отверстие открывается, мясо обмакивается в мед и в таком виде

[1] I. K r a u s e, цит. соч., Abb. I.
[2] В. К. Н и к о л ь с к и й, Очерк первобытной культуры, М.-П. 1923, стр. 188.
[3] Г. К у н о в и Г. Л е в и н-Д о р ш, Очерки по истории первобытной культуры, Минск 1924, стр. 66.
[4] E. H. M a n, Aboriginal inhabitants of the Andaman Islands, 1883.

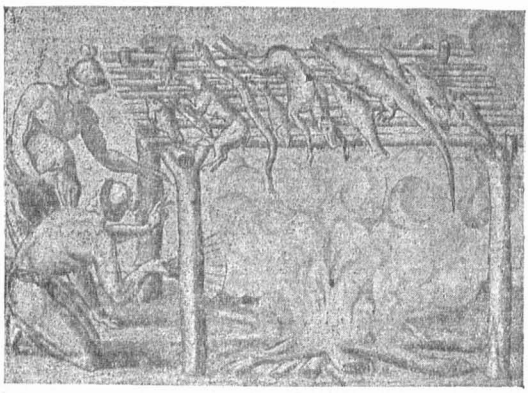


Рис. 14. Копчение мяса и рыбы у жителей Флориды в 1585 г. (Т. де-Бри).

съедается. Часто высушенные или копченые куски мяса смачивают медом перед набивкой в дупло.

Примитивный способ копчения рыбы и мяса Т. де-Бри [1] наблюдал у жителей Флориды (Америка) в 1585 г. во время своего путешествия. Животные и рыба коптились без очистки от кожи и без разделки, целиком, на огне, который разводился под особым настилом, опирающимся на четыре вертикально поставленных стояка (рис. 14).

К исканию методов хранения пищи на долгие сроки толкало человека стремление иметь источник питания на случай каких-нибудь особых обстоятельств (засухи, дождей и пр.). Применение соли при употреблении и хранении пищи было известно первобытному человеку. По утверждению Г. Обермайера [2] и друг. в местностях богатых залежами каменной соли, например в Зальцбургских Альпах и друг., соль была известна и применялась в пищу.

IV

На основе скотоводства и земледелия производительность труда настолько развилась, что стали появляться излишки продуктов. Этими излишками отдельные племена через своих старшин начинают обмениваться друг с другом. С появлением собственности на стада форма обмена между племенами заменяется «...единственной формой обмена между отдельными лицами» [3]. Пастушеские племена обладали единственным предметом, могущим итти в обмен на другие продукты, — скотом. В силу этого «скот сделался товаром, посредством которого оценивались все товары и который повсюду охотно применялся в обмен» [4]. Таким образом скот из предмета, доставляющего питание человеку, еще в доклассовом обществе становится эквивалентом (мерилом) при обмене товаров. С переходом скота из общественного пользования в руки главы отдельной семьи последняя подверглась коренному изменению. Мужчина становится собственником скота и продуктов обмена, а женщина «отстранена от общественного производительного труда и ограничивается домашним частным трудом» [5].

В связи с хозяйственным ростом первобытное общество перешло к употреблению новых орудий труда. Это выразилось в переходе от тесаных каменных орудий к полированным и шлифованным, изготовлению мотыги и серпа для земледелия, применению меди, бронзы и т. п. Шлифованные орудия обладали большей режущей силой, что давало возможность обрабатывать дерево и применять его для удлинения орудий труда. Появились новые орудия труда: ножи, топоры, скребки, сверла, долота, пилы. Среди них особое место в производственных процессах занимают режущий топор и топор-мотыка, найденный археоло-

[1] T. de Bry, цит. соч., ч. II, стр. XXIII.

[2] Обермайер, Доисторический человек, Спб. 1913 г., стр. 594; Hochstetter, Neue Ausgrabungen aus den alten Gräbershütten bei Hallstatt. (Mitt. der anthr. Ges. in Wien, VII); Reinecke, P., Chronologie des Grabfeldes von Hallstatt (Mitt. der anthr. Ges. in Wien, XXX).

[3] Ф. Энгельс, Происхождение семьи, частной собственности и государства, стр. 161, Партиздат, изд. 1932 г.

[4] Там же, стр. 161.

[5] Там же, стр. 163.

гами в торфянике Маглемозе (на острове Зеландия). Развитие орудий труда явилось основной причиной роста производительных сил общества. Дальнейший рост производительных сил вызвал и смену общественной формации. К. Маркс в письме к Анненкову подчеркивал: «... что люди, развивая свои производительные силы, т. е. живя, развивают определенные отношения друг к другу и что характер этих отношений неизбежно должен меняться вместе с преобразованием и ростом этих производительных сил» [1].

Ф. Энгельс говорит об увеличении производительности труда в доклассовом обществе как об одном из решающих факторов, влекущем за собой и рабство: «Первое крупное общественное разделение труда при данных общих исторических условиях вместе с обусловленным им увеличением производительности труда... и вместе с сопровождающим его расширением поля производительной деятельности с необходимостью влекло за собой и рабство» [2].

Вместо разделения труда по полу и возрасту, когда женщины и дети занимались собирательством растений и мелких животных, а затем и земледелием, мужчины же — охотой и скотоводством, появляется новое разделение труда по отдельным крупным отраслям хозяйства (скотоводство, земледелие и домашнее ремесло). Из этого «крупного общественного разделения труда возникло и первое крупное разделение общества на два класса — господ и рабов, эксплоататоров и эксплоатируемых» [3].

Античное общество

Рассматривая технику пищевой промышленности античного общества, следует отметить четыре особенности рабского способа производства, которые заключались в следующем: во-первых, — «рабство или крепостничество образуют широкую основу общественного производства» [4], во-вторых, — «раб работает при помощи чужих условий производства и не самостоятельно» [5], в-третьих, — происходит «натуральное присвоение чужой рабочей силы посредством прямого физического принуждения» [6], и, наконец, в том, что «считается экономическим принципом такого способа производства применять только наиболее грубые, наиболее неуклюжие орудия труда, которые как раз вследствие своей грубости и неуклюжести труднее подвергаются порче» [7]. Земледелие античного общества как сырьевая база имело экстенсивный характер.

В земледелии, как об этом свидетельствуют древние источники, применялась переложная система и лишь впоследствии двухпольная. О двухпольной системе впервые упоминает Пиндар (VI в. до н. эры). Он говорит о плодородных землях, которые по очереди дают людям урожай и, отдыхая, «восстанавливают свои силы». Затем эта система уже неизменно сохраняется [8].

По Гесиоду в Греции для пахоты применялся плуг, запряженный волами. Греческий плуг (рис. 15) состоит из изогнутого древесного ствола и прикрепленного к нему металлического сошника. В таком виде он был вполне пригоден для разрыхления почвы. Гесиод пишет о применении простого и более сложного плуга следующее:

«Плуга надо иметь два, если один сломается, можно впречь волов в другой. Один плуг простой, из одного куска сделанный, другой сложный, составной, рассоха из дуба, дышло из лавра или вяза, к ним прикреплен сошник из металла» [9].

[1] К. Маркс, Письма, 4-е изд., ГИЗ, 1931, стр. 18.
[2] Ф. Энгельс, Происхождение семьи, частной собственности и государства, стр. 162.
[3] Энгельс, там же, стр. 162.
[4] К. Маркс, Капитал, III, стр. 600, изд. 1935 г.
[5] К. Маркс, там же, стр. 570.
[6] К. Маркс, Капитал, II, стр. 350, изд. 1935 г.
[7] К. Маркс, Капитал, I, стр. 227—228. Примечание 17, изд. 1935 г.
[8] Pindori, carmina ... Ed. Sothae 1830, VI, 10, 11.
[9] Hesiodi, Opera et dies, Amstelod. 1847, 422.

Рис. 15. Античные пахари по рисункам на вазах.

В античном обществе возделывались следующие культуры: пшеница, ячмень, горох, бобы, сезам, из которого добывалось масло, и некоторые другие растения, как например лук, чеснок и т. п. Значительные улучшения были внесены в земледелие в связи с изобретением плуга с отвалом, ножом и колесным передком (рис. 16).

Кроме земледелия и садоводства основным источником сырья для приготовления пищи служило скотоводство. Крупный рогатый скот (волы и быки) шел не только на убой, но применялся уже и как тягловая и рабочая сила. Установлено, что бык в качестве тягловой силы в земледелии применялся еще в Египте в долинах Нила, Тигра и Евфрата около двух с половиной тысяч, а в Европе около двух тысяч лет до н. эры. Это подтверждают иероглифы и изображения на памятниках древнего Египта, Рима и Греции. Следует подчеркнуть, что применение крупного рогатого скота в земледелии было известно в глубокой древности и в других европейских странах. Это подтверждают изображения, найденные в Богуслане, Швеции и в Провансе, относящиеся к бронзовой эпохе, отстоящей от нашего летоисчисления почти на 2 000 лет [1].

Как мы уже указывали выше, найденные в раскопках свайных построек мутовки и корзины не могут служить достоверным доказательством приготовления масла и сыра в доклассовом обществе. Первым несомненным признаком приготовления масла является изображение на стене здания на юге Мессопотамии на Холме Тель-Обенд дойки коров и изготовления масла. Это изображение относится ко времени первой династии Ура (около 3 500—4 000 лет до нашего летоисчисления) [2].

По утверждению американского ученого Хунзикера искусство приготовления масла было известно еще до античной эпохи индусам в Азии, евреям в Египте и арабам. Грекам же и римлянам, а также тевтонцам (немцам) оно стало известно больше чем за 500 лет до нашего летоисчисления [3]. Все историки древней Греции утверждают, что греки умели приготовлять масло из молока. Геродот и Гиппократ (около 440 лет до н. эры) указывают на то, что франко-италийские племена приготовляли масло из коровьего молока. Плиний в своих трудах упоминает несколько случаев потребления масла [4].

О том, как в античном обществе приготовлялось масло, можно судить по способам, сохранившимся до наших дней в Аравии и Греции. В Аравии масло сбивается из молока в эллипсоидальном сосуде путем качания на руках. В Греции во многих местах молоко наливается в мешок из шкуры животного, который топчут ногами до тех пор, пока молоко не собьется в масло. О подобном способе сбивания масла говорят также английские и американские источники. У отсталых народностей Востока он полностью сохранился до наших дней.

---

[1] В. Д. Преображенский, Очерк истории общественных форм, X, «Пролетарий», 1929, стр. 58.

[2] G. L. Wolley, Ur und die Sintflut, Leipzig, 1927, p. 2—3.

[3] Otto F. Hunziker, The butter Industry, 1927, Chicago.

[4] Plinius, XI 41, p. 637; XXVIII, 9, p. 465; Hippocrati, De aére, lacis & aquis. Sect. III, 74; Foesü, Oeconomia Hippocratis, Francof. 1588 f. 285; Beer, Welthistorie III, S. 76.

По утверждению доктора Онефальш-Рихтера, жители острова Кипра знали за 3 000 лет до нашего летоисчисления приготовление масла, но только неизвестно, употреблялось ли масло как питательный продукт или только как целебное средство под названием «эльфос». Также известно, что в Италии приготовлялись для потребления сливки, которые снимались пальцами с отстоявшегося в сосудах молока. Это образно описывает итальянский епископ Benantius Fortunatus, живший в 530—609 гг. нашего летоисчисления [1].

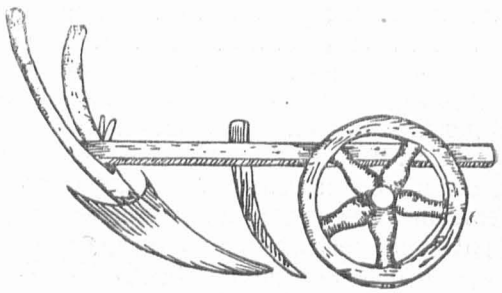


Рис. 16. Римский плуг с отвалом, ножом и колесным передком.

В античном обществе молоко наряду с дичью было очень распространенным продуктом. Упоминание об этом находим в комедии Аристофана «Мир», поставленной впервые на сцене в 421 г. до н. эры, где хор произносит следующие слова: «... принеси-ка кто-нибудь дрозда да пару чижей. Было у меня там и несколько молока да четыре зайца, коли не утащила что-нибудь намедни вечером ласка: стучало в доме что-то и возилось. Так из них, малый, трех-то принеси нам, а одного отдай отцу...».

В истории техники молочного хозяйства мы имеем множество доказательств того, что в античном обществе молоко и его продукты в виде творога, домашних сырков и сыра было у многих народов главной пищей. Греки и римляне имели большие стада молочного скота и употребляли в пищу свежее и сквашенное молоко, знали сыворотку, выдерживали сыр в корзинах и делали твердые сыры. Сыры были любимым продуктом питания. Они натирались на металлических пластинках и в таком растертом виде употреблялись как приправа к пище. Сыры приготовлялись главным образом из коровьего, козьего и овечьего молока, причем у греков более употребительным был козий сыр, а у римлян овечий. Молоко на сыры употреблялось лучшего качества. О технике приготовления сыров мы узнаем из трудов греческих и римских писателей: Катона, Плиния, Варрона, Палладия и особенно Колумеллы [2]. Творог продавали на рынке соленый или несоленый, смешанный с молоком или вином и медом. Для домашнего потребления изготовляли соленые и несоленые сырки, а для вывоза (даже за море) готовили твердые сыры или тертые сыры с пряностями и слегка прокопченные. Античные домашние сырки нисколько не похожи на сырки, изготовляемые у нас в настоящее время; они напоминают современные мягкие сыры и козий сыр кавказских народностей. Особенно широко применялся кисло-молочный сыр «Oxygala», приправленный пряностями. Для личного потребления сыры выдерживались в рассоле или набивались в засмоленные бочки с виноградным соком, крышки которых заливались гипсом. Сырам, предназначенным для вывоза, придавали посредством прессов с грузами различную форму: жерновов, усеченного конуса, кирпича и т. д. Копченые сыры тоже имели различную форму.

Для свертывания молока к нему добавляли остаток свернувшегося молока из желудка ягненка или козленка, а впоследствии стали пользоваться для этой цели слизистой оболочкой желудка этих животных.

Применялось также соцветие чертополоха, семена дикого шафрана (Semina gneti), сок фигового дерева и винный уксус. По указанию Варрона на 6 *л* молока брали из желудка ягненка кусок сычуга величиной с маслину или орех.

---

[1] Benno Martiny, Rahmgewinnung, erster Teil, Die Aufrahmung, Leipzig 1909, стр. 4—16.

[2] Plinii (23—79 н. э.), Geoponici. Lib. XVIII, cap. 12, Varro (116—27 до н. э.). De re rustica, Lib. II, cap. 5, Columella (II пол. I в. до н. э. и I пол. I в. н. э.) Lib. XII, cap. 8, cap. 17.

При дальнейшем развитии сыроделия получение свежих желудков стало затруднительно, заготовка их впрок при слабом умении их хранить приводила к порче, а поэтому предпочитали употребление сычужных ферментов, полученных из упомянутых выше растений. Для равномерного свертывания молока сычужиной из последней делался настой в сыворотке. Этот настой применялся для заквашивания сырной массы. Когда получался равномерный сгусток (калье), массу из кадки перекладывали в корзины определенной формы для стекания сыворотки. Чтобы ускорить отделение сыворотки, накладывался груз, который увеличивался по мере затвердевания массы. Разрезание сгустка в зерно и закрепление этого зерна, по утверждению немецкого проф. В. Флейшмана [1], в Греции и Риме еще не применялись.

Когда масса становилась твердой и освобождалась от обилия сыворотки, ее вынимали из формы и переносили в темное, прохладное, вентилируемое помещение, где ее клали на чистые столы, обсыпая сверху солью для удаления оставшейся сыворотки. В этом помещении сыр в течение 9 дней подвергался повторным сухим посолкам и прессованию под грузами, которые постепенно увеличивались по мере затвердевания сыра. После этого сыр обмывался теплой водой и для обсыхания раскладывался в тени на камышевых плетенках. Затем сыры переносились в защищенные от сквозняков подвалы, где клались друг на друга в ряды, чтобы сохранилась нежность теста. Здесь сыры дозревали в течение нескольких месяцев. Такие сыры приготовлялись для вывоза в другие страны и могли сохраняться в течение долгого времени, не подвергаясь порче.

Сыры для домашнего потребления изготовлялись гораздо проще. По утверждению Колумеллы, молоко сквашивали в подойнике, медленно нагревали, получившуюся рыхлую массу (калье) раздробляли на мелкие зерна, обрабатывали кипятком, формовали в формах или от руки, солили в рассоле и слегка коптили. Подобный способ в окрестностях Рима и Неаполя (Италия) сохранился до наших дней в виде так называемого «кочио кавалло». Этот сыр изготовляется в различных видах. Ему придают форму тыквы, дыни, бутылки, цилиндра, кирпича, косы, головы быка, лошади, оленя, людей и т. п. При производстве этого сыра масса до тех пор выдерживается в горячей сыворотке и воде, пока она станет настолько пластичной, что ее можно вытягивать в нити и наматывать на клубок. В этом состоянии массу формуют и слегка коптят, отчего она получает слегка желтоватую окраску.

Способов изготовления сыров в античную эпоху было очень много. Это видно из описаний имевшихся в продаже сортов сыра, которые встречаются у поименованных выше авторов. Мы не имеем возможности в границах данного очерка описывать все способы изготовления сыров, так как это дело технологии молока. Но мы отметим, что развитие молочного хозяйства привело к образованию стад коров и коз (в Греции) и овец (в Риме) со специальным назначением — получения молока и приготовления из последнего сыров и других видов молочных продуктов. На рис. 17 изображена молочная ферма по стенной живописи в Помпее.

Из достижений техники античного общества, получивших первое практическое применение в обработке пищевых продуктов, должно быть отмечено изобретение мельниц, приводившихся в движение силой животных и водой. Это изобретение имело огромное производственное значение, создавая техническую базу, с которой генетически тесно связана вся история развития машинной техники. Маркс утверждает, что:

«Вся история развития машин может быть прослежена на истории развития мукомольных мельниц» [2].

В предыдущем разделе мы говорили об источниках, указывающих на применения первых приспособлений для дробления и растирания зерна. Здесь же

[1] Dr. W. Fleischmann, Lehrbuch der Milchwirtschaft, VI Auflage, Berlin 1922.
[2] К. Маркс, Капитал, т. I, стр. 262, примеч. 43, ГИЗ, 1928.

отметим, что приспособления для раздробления зерна, применявшиеся в доклассовом обществе, были очень просты. Принцип устройства их был основан на ударе. Уже первобытный человек ударами камня разбивал твердые зерна, орехи и т. п. Более совершенными зернодробящими устройствами, основанными на том же принципе, были ступки с пестами, применявшиеся в Египте, что подтверждают раскопки и рисунки древних египтян.

Ступки были сначала деревянные, каменные, а позже металлические. В этих ступках зерна дробились ударами пестика. Такие же ступки применялись у крестьян (в VII—VIII в. до н. э.) в Греции, о чем сообщает Гесиод.

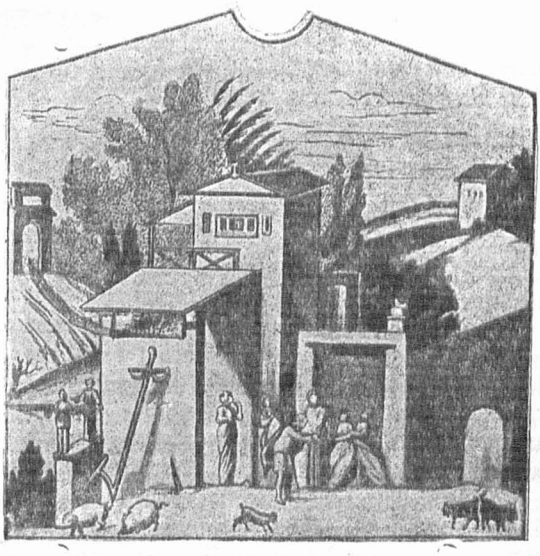


Рис. 17. Римская ферма. Стенная живопись в Помпее I в. н. э.

С развитием производительных сил, ростом продукции и потребности в мучных продуктах вырастает необходимость изменения способов приготовления муки. Дробление зерна пестом в ступках вызывало большие затраты ручного труда и не давало того количества продукции, которое требовалось для удовлетворения нужд общества. Разрешение назревшей проблемы повышения продукции зависело от изменения этого способа размалывания зерна. В практической деятельности люди убедились, что растирание зерна между камнями дает лучшего качества муку и повышает производительность труда. Вследствие этого старый способ размалывания зерна по принципу удара (дробление) был заменен принципом растирания зерен между камнями. Этот принцип положен в основу всех усовершенствованных в последующие столетия мельниц. Прототипом мельниц являются применявшиеся еще в доклассовом обществе для растирания зерен плоский камень и слегка выдолбленная каменная плита. Подобные несколько усовершенствованные мельницы мы и сейчас можем видеть у многих отсталых народностей Америки, Австралии, Африки и т. д. В Греции и Риме наряду с ручными зернотерками и ступками с ударным пестом, которые применялись в крестьянских хозяйствах, встречаются уже ручные жерновые мельницы. Последние употреблялись в крупных хозяйствах царей и богатых землевладельцев. В этих мельницах песту с помощью рукоятки придавали вращательное движение. В «Одиссее» описывается, что у Феакского царя Алкиноя на этих мельницах работало 50 рабынь, в доме Пенелопы работало 12 рабынь с утра до ночи, а иногда и по ночам.

Вот что упоминается у Гомера в «Одиссее» о применении ручных мельниц.

«Жило в пространном дворце пятьдесят рукодельных невольниц,
Рожь золотую мололи они жерновами ручными» [1].

И дальше:

«Слово же первое он рабыни, моловшей на царской
Мельнице близкой, услышал; на мельнице этой двенадцать
Было рабынь и вседневно от раннего утра до поздней
Ночи ячмень и пшено там они для домашних мололи.
Спали другие, все кончив работу; а эта, слабее
Прочих, проснулася ранее, чтоб труд довершить неготовый.
Жернов покинув, сказала она» [2].

[1] «Одиссея», песнь VII, стихи 103—104, перевод В. А. Жуковского.
[2] Там же, песнь XX, стихи 105—112.

Рис. 18. Римский ручной жернов (*a* — ручка для вращения верхняка). Конусообразный жерновой постав.

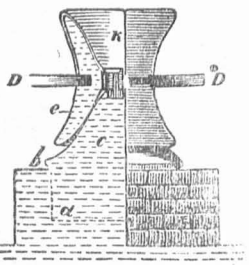


Рис. 19. Римская ручная мельница.

Более усовершенствованные жерновые ручные мельницы были невелики: весом около 20 *кг* и диаметром около 0,3 *м*. Они приводились в движение правой рукой с помощью рукоятки, вделанной в верхний жернов. Мельница состояла из двух камней: нижняка (неподвижный гладкий камень) толщиной в 6,5 *см* и верхняка (несколько конусообразной формы) толщиной 11,5 *см*. Зерно засыпалось в отверстие верхняка и попадало между жерновами, где перетиралось. Подобные жернова найдены в раскопках в Аббевилле (Пикардия). О величине таких греческих жерновов можно судить и потому, что воины метали их друг в друга в сражении, о чем не раз упоминается в Илиаде.

Появление ручных мельниц по мнению ученых имело место в Египте приблизительно за 3 500 лет до н. эры. В Грецию и Рим они занесены евреями при переселении из Египта. Это предположение подтверждается тем, что в глухих местностях Марокко и на острове Никорни употребляют и теперь мельницу, применявшуюся в гомеровскую эпоху [1]. Подобные мельницы применяются в Китае для освобождения риса от шелухи, а также у многих туземцев Африки и других материков. Кавказские духоборы до переселения в Америку пользовались такими же жерновами, «усовершенствование» заключалось в устройстве обода вокруг жерновов, сбоку которого было сделано отверстие для выхода муки. Рис. 18 дает наглядную картину описанных выше ручных мельниц.

Такие мельницы могли обслужить замкнутые натуральные крестьянские или рабовладельческие хозяйства. Но когда развитие городов и торговли усилило спрос на мучные продукты, подобные мельницы уже не в состоянии были обслужить потребности внутреннего и особенно развивающегося внешнего рынка. Это вызывало необходимость больших усилий для усовершенствования мельниц. Но лишь за 150—200 лет до н. эры были изобретены мельницы, которые приводились в движение силами животных и отчасти человека. В раскопках Помпеи удалось обнаружить применявшуюся в Риме конную мельницу. Она основана на том же принципе растирания, но размеры ее гораздо больше, и конструктивные изменения в ней имеют целью уменьшение расхода рабочей силы. Римская мельница имеет следующее устройство: внизу каменная цилиндрическая подушка *a* (рис. 19) диаметром около 1,5 *м* и толщиной 30 *см*, на которую установлен конический камень нижняк (meta) с усеченной вершиной, вышиной около 60 *см*. Сверху в конце вделан железный шип. На этот конический камень надет верхний камень (верхняк — catillus) *e*, который имеет внутри две конусообразные полости, расширяющиеся вверх и вниз и суживающиеся к середине, где они соединяются. В месте соединения этих полостей устроена железная перекладина, посредине которой сделано отверстие для шипа нижняка. Верхняк одевается на шип нижнего камня так, что между полостью верхнего и конусом нижнего камней имеется небольшой зазор, необходимый для растирания попавшего туда зерна из верхней полости *k*, верхнего камня. Верхняя полость *k* служит приемником зерна, откуда оно попадает между камней и перемалывается. Для приведения во вращение верхнего камня на последнем сбоку устроены четыре отверстия, в которые вставлены рычаги *D*. Полученная мука попадает в кольцеобразный

[1] Проф. П. А. Козьмин, Мукомольно-крупяное производство, М. 1925, 3-е изд., стр. 15—16.

желоб *b*, установленный на каменной плитке, из которого через отверстие по рукаву мука направляется в собирательный ящик.

Жернова в Помпее, по сообщениям Овербека и др., изготовлялись из лавы Везувия [1]. Они приводились в движение сначала рабами, а потом, когда выяснилось, что применение больших жерновов дает большую производительность, рабов начали заменять животными — ослами, волами и особенно лошадьми.

Описанная выше коннодействующая мельница не может дать полной картины конструктивных изменений, которые произведены в мельницах при переходе от ручных к конным. Поэтому мы остановимся на анализе этого перехода. Когда убедились, что растирание зерна пестом в ступке дает лучший производственный эффект, чем толчение, и когда движение песта вверх и вниз было заменено вращением его, то с увеличением песта рукоятка стала заменяться рычагом. По мере возрастания размеров и тяжести постава на этот рычаг должна была воздействовать более мощная сила, вследствие чего рычаг с течением времени начинают увеличивать до размеров дышла. Посредством дышла, вделанного во вращающийся пест, последний приводился во вращение силой человека, а впоследствии животными. Форма песта и сосуда, в котором работал пест, постепенно совершенствовалась. Однако прошли столетия, прежде чем в основу конструкции мельницы были положены взамен сосуда и песта два камня, из которых один вращался на другом. Итак, римская конная мельница является конструктивным усовершенствованием ручных мельниц и переходной ступенью от последних к водяным.

Если раньше при ручных зернотерках получалась мука одного сорта и весьма грубой обработки, то при усовершенствованных мельницах стало возможным получать муку лучшего качества и разных сортов. Сортировка муки производилась ситами из конского волоса или полотна вручную. Плиний приводит перечень сортов муки, полученных из одного медилена (около 12,5 пуда) в 108 лавров, а именно:

Муки высшего сорта (pollen)	17 лавров
„ среднего сорта (similago)	50 „
„ из крупы I качества (farini tritici)	$30^1/_2$ лавра
„ „ „ II „ (secundaris panis)	$2^1/_2$ „
„ „ „ III „ (cibarii panis)	$2^1/_2$ „
Грубых отрубей (furfur)	3 „
Различных потерь	$2^1/_2$ „
Всего	108 [2] лавров

Заслуживает внимания то, что первым мельницам с конным приводом придавали мистический характер. Так, например, на картине у входа в помпейский пантеон в центре изображена мельница, а вокруг — амуры за работой и на отдыхе. Это показывает, что конная мельница настолько подняла производительность труда и облегчила его, что население считало ее работу действием божества. Поэтому конные мельницы в крупных хозяйствах находили все большее применение, образуя иногда большие мукомольные предприятия в несколько мельничных поставов. Об этом свидетельствуют находки около пекарни в Помпее.

Конные мельницы держались очень долго, пока они не стали вытесняться начавшимся применением водяной энергии. Такие мельницы можно встретить на Дальнем Востоке и в других местах, где водяная и паровая мельницы не получили широкого применения. В Китае еще до сих пор во многих местностях можно

[1] Overbeck, Pompeji fast VI 318; Strabon, XIV 645; Ross, Inselreisen II 69 f.; Blümner, Technologie u. Terminologie d. Gewerbe bei Griechen u. Römern, B. I, 2 Aufl., Leipzig u. Berlin 1912, S. 29.

[2] Проф. П. А. Козьмин, Мукомольно-крупяное производство, М. 1925, 3-е изд., стр. 16—17.

встретить мельницы, приводимые в движение быками и буйволами. По сравнению с первыми конными мельницами изменению здесь подверглись конструкция самого жернового постава и привод. Вместо рычага (дышла) верхняк приводится в движение через зубчатую передачу, что увеличивает число оборотов верхняка, а, следовательно, и производительность мельницы. Следует отметить, что в Китае в некоторых местах применяется конная мельница, в которой растирание муки производится не жерновами, а большим каменным пестом в ступке.

Дальнейшим крупным сдвигом в мукомольном деле явилось изобретение водяной мельницы в I в. нашего летоисчисления. Об этом изобретении Маркс пишет в I томе «Капитала»:

«И. Антипарос, греческий поэт эпохи Цицерона (104—43 гг. до н. эры — *С.* и *Р.*), приветствовал изобретение водяной мельницы для размалывания зерна, этой элементарной формы всех производительных машин, как появление освободительницы рабынь» [1].

Местом происхождения водяных мельниц следует считать Малую Азию, откуда она была завезена в Рим Юлием Цезарем во время военных походов. Об этом Маркс говорит следующее:

«...Часы и мельница (сначала хлебная мельница и притом специально водяная), — обе эти основы унаследованы от древности (водяная мельница была привезена в Рим из Малой Азии во времена Юлия Цезаря)» [2].

Первая водяная мельница по утверждению Маркса была построена в Риме на Тибре.

Изобретение водяной мельницы, облегчив тяжелый труд рабынь, одновременно сыграло большую роль в увеличении их эксплоатации. За счет облегчения труда и поднятия его производительности владелец мог увеличить рабочий день и выжать из рабов больше прибавочного продукта. Маркс, критикуя того же Антипароса и других, говорит:

«Они между прочим не понимали, что машина — надежнейшее средство для удлинения рабочего дня» [3].

Мы приводим рисунок греческой водяной мельницы, применяемой в I в. нашего летоисчисления (рис. 20). Устройство этой мельницы очень простое. Уровень воды поднимается специально сделанной плотиной; в конце плотины устраивается наклонный желобок, по которому вода подводится к водяному колесу и бьет в его лопасти. Лопасти устраиваются прямыми и косыми, составляя одно целое с вертикальным валом. На вертикальном валу сверху насаживается верхний подвижной камень (жернов), в глаз (отверстие в центре жернова) которого через ковш поступает зерно.

Нижний жернов (нижняк) лежит на подмостках неподвижно, а верхний может подниматься и опускаться вместе с вертикальным валом, проходящим через отверстие нижнего жернова (нижняка) и нижним концом, опирающимся на деревянную балку. Балка эта служит подъемным приспособлением и посредством рычага может быть поднята или опущена для регулирования размола.

Зерно засыпается мешками в сделанный из досок воронкообразный закром, из которого зерно в отверстие снизу поступает в короткий горизонтальный желобок, направленный открытым концом к отверстию верхнего жернова.

Посредством рукоятки, прикасающейся одним концом к верхняку, желобок получает сотрясение, и из него маленькими порциями в отверстие жернова выбрасывается зерно. Наклон горизонтального желобка регулируется веревочкой, так как в зависимости от наклона желобка изменяется количество поступающего зерна в жернова.

Попавшее в отверстие верхнего жернова зерно поступает в зазор между жерновами и там перетирается. Зазор к центру вращения жернова увеличивается,

[1] К. Маркс, Капитал, т. I, стр. 311, примеч. 156, М.-Л. ГИЗ, 1928.
[2] К. Маркс, Письма, 4-е изд., 1931, стр. 127.
[3] К. Маркс, Капитал, I, 311, М.-Л., ГИЗ, 1928.

поэтому зерно легко проникает от центра к мелющим частям жерновов. На рабочих частях жерновов делаются насечки (полурадиально) для лучшего растирания зерна.

Мука из жерновов выбрасывается в кольцеобразный желоб, расположенный вокруг жерновов. Из желоба по рукаву мука поступает в мешки или закрома.

Колесо делает в минуту от 35 до 85 оборотов при уровне воды 1—2 *м*.

Диаметр жерновов имеет от 0,5 до 1 *м* при толщине от 8 до 20 *см*.

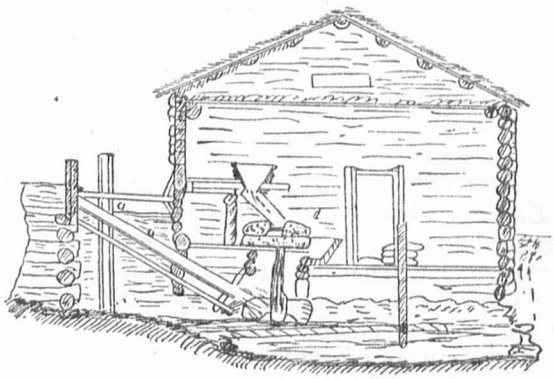


Рис. 20. Греческая водяная мельница в I в. н. э.

Древним достоверным источником описания устройства водяных мельниц является книга римского архитектора Витрувия, который написал свой труд «De Architectura» около 16—13 л. до н. эры. Вот какое описание водяного колеса мельницы дается в его книге: «В реках также устанавливаются водоподъемные колеса, подобные вышеописанным, с той только разницей, что к ним с наружной стороны приделываются лопасти, которые, будучи подхвачены течением воды, своим движением заставляют вращаться колесо и, наполняя при этом ящики водой и поднимая их кверху, без работы толкания, путем использования течения воды, сами, вращаясь, выполняют необходимую работу».

Таким же способом приводятся в движение водяные мельницы, при которых все устраивается так же, за исключением того, что на одном из концов вала вращается зубчатое колесо. Последнее устанавливается в вертикальном положении и вращается вместе с лопастным колесом в одинаковом с ним направлении. С ним сцепляется другое зубчатое колесо м е н ь ш и х размеров, установленное горизонтально, которое вращается на (вертикальном) валу, заканчивающемся в своей верхней части двойным ласточкиным хвостом, вделанным в жернов. Благодаря тому, что зубцы, сидящие на валу (лопастного колеса) зубчатого колеса, сцепляются с зубцами горизонтального колеса и при этом его вращают, вращается и самый жернов. Подвязанный над этой машиной желоб беспрерывно подает зерно к жерновым камням, которые своим вращением размалывают его в муку [1].

Применение водяной энергии было вызвано стремлением увеличить производительность мельницы за счет укрупнения жерновых поставов. Применение воды как двигательной силы не сразу получило широкое распространение. Этому мешали конструктивные неполадки и в особенности религиозные предрассудки, господствовавшие в античную эпоху, а также дешевизна рабского труда. Боязнь «водных владык» и наличие рабского труда естественно отдалили широкое применение водной силы как двигателя [2]. Водяной мельнице долго пришлось завоевывать свое положение в борьбе с ручными и конными мельницами. Но, завоевав первенствующее положение в мукомольном деле, водяное колесо начинает проникать во все сферы производства, развитие которых задерживалось из-за применения мускульной энергии. Следует подчеркнуть, что с появлением водяной мельницы начинает осуществляться принцип объединения отдельных действующих механизмов (двигательный, передаточный и исполнительный) в сложный агрегат-

[1] Цитировано по Теодору Беку, Очерки по истории машиностроения, ГТТИ, I, М.-Л. 1933, стр. 46.

[2] F r a n c e s c o C e t t i, Quadrupedi di Sardegna. Sassari 1778. 8 или немецкий перевод Cetti. Naturgeschichte von Sardinien. Leipzig 1783. 8. I. S. 51; J o h. v o n P o p p e, Geschichte aller Erfindungen und Entdeckungen. Frankfurt a. M. 1847. B. I, S. 27; J o h. B e c k m a n n, Beiträge zur Geschichte der Erfindungen, Leipzig, Bd. II, 1788. S. 19.

машину. В водяной мельнице механическая действующая сила (вода) впервые начинает приводить в движение рабочие части мельницы через систему зубчатых колес. Поэтому водяную мельницу можно рассматривать как первый комплекс орудий труда, которые действуют по принципу машины.

В тесной связи с развитием мукомольного производства находилось и развитие хлебопечения.

Искусство приготовления хлеба берет свое начало, по всей вероятности, в Египте. Сначала, как и у людей «свайных построек», употребляли кашу, приготовленную из раздробленных или растертых хлебных зерен. Потом, очевидно, пользование огнем для поджаривания мяса привело к печению лепешек на углях и раскаленных камнях. Этому способствовало стремление сохранить более продолжительное время тесто, которое подвергалось быстрой порче. По раскопкам и другим памятникам установлено, что в долине реки Нила (Египет) приготовленная из муки и воды тестообразная масса выпекалась в горячей золе [1]. В Греции и Риме искусство приготовления хлеба имело столь важное значение, что хлеб считался даром бога. У римлян в «честь бога» Пана хлеб назывался «panis». Подобные пресные хлебцы (лепешки) и теперь можно встретить у отсталых народов Востока и Кавказа. До самой Октябрьской революции пресные хлебцы («просфора») выпекались в России для совершения религиозных обрядов, заимствованных у греков.

В античной Греции дрожжи, поднимающие тесто, были, повидимому, неизвестны. В комедии Аристофана «Женщины в народном собрании» встречаем такие строки:

«Они же сидят и жарят, как и раньше;
На голове разносят, как встарь;
Пекут себе лепешки, как и встарь».

Когда и где впервые стал применяться квашеный хлеб, установить невозможно, но известно, что искусство разрыхления теста действием брожения применялось еще в древности. Доказательством того, что квашеный хлеб применялся еще до античной эпохи у древних евреев и египтян, служит известный эпизод в библейской легенде о переселении евреев из Египта.

Для сквашивания теста в последнее добавлялась закваска (т. е. старое тесто, достигшее брожения). Изготовление хлеба с примесью кислого теста применялось многие столетия и сохранилось до наших дней в мелких крестьянских хозяйствах. Особенно сохранился этот способ сквашивания в Грузии, Армении и других национальных республиках Кавказа [2].

В начале античной эпохи размалыванием зерна и хлебопечением были заняты исключительно женщины-рабыни. Лишь к концу этой эпохи в связи с ростом хлебопечения в городах в мукомольном деле начинает широко применяться животная тягловая сила. С изобретением водяной мельницы мукомольное дело постепенно отделяется от хлебопечения в самостоятельную отрасль производства. Хлебопечение, заметно развиваясь в количественном отношении, остается на низком техническом уровне долгие столетия. Единственным крупным техническим достижением в хлебопечении в описываемую эпоху является изобретение тестомесильного механизма, заменившего в городах труд пекаря в размешивании теста. Механизм представляет собой полый деревянный или каменный цилиндр, в котором вращается вал с лопастями (било). Вал приводится в движение вделанным в него рычагом вручную человеком или же силой животных[3] (рис. 21).

Хлеб выпекался главным образом для личного потребления семьи в собственных хозяйствах, а в городе зарождались городские пекарни и булочные.

---

[1] A. Neuburger, Die Technik d. Altertums, Leipzig 1920, S. 103, Abb. 167.

[2] В текущем году на Кавказе авторы были очевидцами выпечки национальных кавказских хлебцев («чуреки», «ловаши» и т. д.), которые заквашиваются старым тестом.

[3] A. Neuburger, Die Technik d. Altertums, Leipzig 1920, S. 99, Abb. 160.

Это было вызвано ростом городского населения. При этом обнаруживается разделение труда в пищевой промышленности. Одни начинают заниматься исключительно размолом зерна, другие становятся только пекарями. Ксенофонт в своих «Memorabilia» говорит, что Навсикид ведает выделкой муки, Киреб — приготовлением пищи, т. е. сообщает о двух видах домашнего производства — хлебопечении и мукомолии [1]. Особенно ясно наметилось разделение этих двух отраслей у римлян. Вследствие наличия большого скопления изгнанного из деревни населения были организованы общественные булочные и столовые для его прокормления за счет государства и благотворительных обществ. Профессор Неаполитанского университета Сальвиоли пишет:

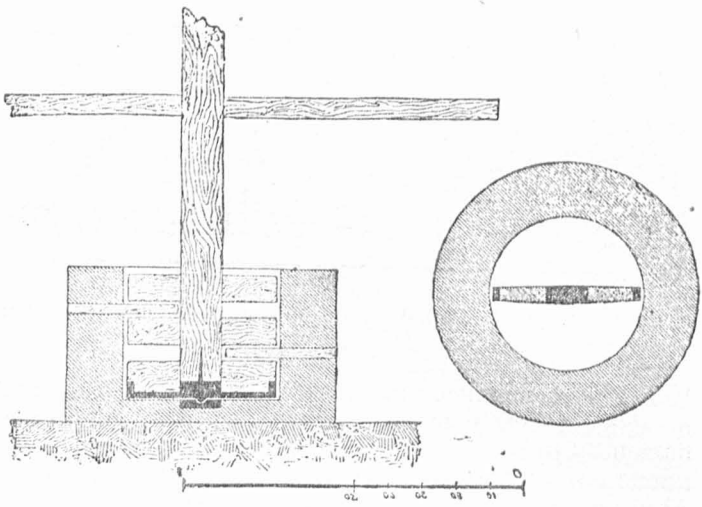


Рис. 21. Римская тестомесилка в I в. н. э.

«Муку, которую раздают бесплатно, относят булочнику, чтобы он испек хлеб; но булочники продают хлеб, приготовляемый из муки, купленной в общественных амбарах или на складах оптовиков. Когда была организована раздача хлеба, булочники составили особую коллегию и находились под надзором властей; об их значении можно судить по тому, что хлеб был главной пищей древних италиков. В IV в. в Риме было 254 булочника» [2].

Технику хлебопечения в Риме показывает рисунок с барельефа на римском саркофаге (рис. 22). Тесто приготовлялось на больших низких столах, на которых одновременно работало 4—5 чел.

На рисунке изображена римская пекарня, в которой 10 пекарей — 9 готовят тесто и 1 сажает хлебцы в печь лопатой. Печь по своей конструкции не сложна. Она имеет одно отверстие для загрузки топлива, выхода газов, загрузки и выгрузки хлеба. Несмотря на свою простоту она, несомненно, является прообразом еще и ныне применяемых русских печей.

Приведенная выше хлебопекарная печь является усовершенствованием ранее применявшихся печей, которых мы вкратце коснемся. Первыми очагами, служившими для выпечки хлебцев еще в доклассовом обществе, были каменные плиты, накалявшиеся огнем. Подобные печи можно встретить у некоторых народностей Кавказа и теперь. Такие печи просуществовали тысячелетия, пока, наконец, они стали устраиваться наподобие глиняного горшка, вкопанного в землю. Такие печи до сих пор сохранились и широко применяются в Закавказских республиках СССР. В текущем году нам пришлось видеть в Грузии и Армении подобные печи, которые мы вкратце опишем. Грузинская печь, в которой выпекают «чуреки», представляет собою конусообразную вертикальную яму, выложенную изнутри глиной и выступающую верхними краями (горловиной), над уровнем земли на 0,6 *м*. Глубина (вместе с выступом) этой ямы-печи 1,75 *м*, а средний диаметр — 1 *м*, причем он увеличивается в направлении книзу. На горизонтальном круглом дне печи перед выпечкой хлеба разводится костер.

[1] Ксенофонт, Memorabilia, II, 7, 6.
[2] Проф. Г. Сальвиоли, Капитализм в античном мире. Укр. Госиздат, 1922, стр. 75.

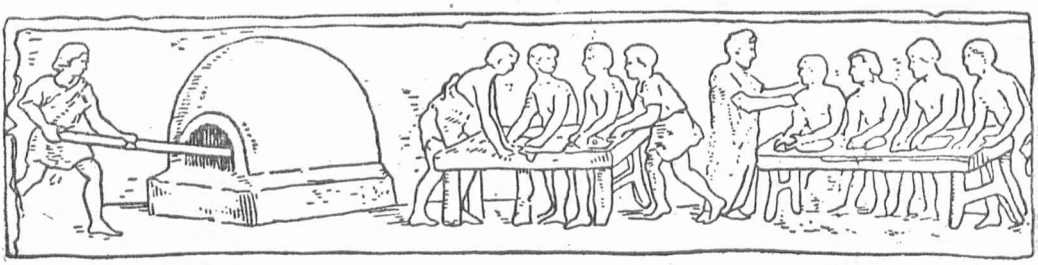


Рис. 22. Римская пекарня (барельеф на римском саркофаге).

Когда печь начинает накаляться, к ее боковым стенкам прилепляются приготовленные хлебы в виде больших лепешек, достигающих в диаметре до 0,5 *м* и больше. Спустя 10—12 мин. хлебцы вынимают, начиная с верхнего ряда. Затем процесс повторяется снова, до тех пор пока погаснут угли и начнет остывать печь. Армянская печь отличается от грузинской тем, что она устраивается наклонно на 60° к горизонтальному полу и над горловиной сделан колпак с выводящей трубой для газов.

Как видно из описания, эти печи весьма сходны с описанной выше римской печью. Последняя отличается тем, что она расположена горизонтально и является более удобной при обслуживании, а также тем, что в ней можно печь хлебцы любой формы и размеров, так как они укладываются на ровный нижний горизонтальный под, а не на вертикальные стенки. Более усовершенствованную римскую печь с вертикальным подом, нижней подтопкой и дымоходом дает рисунок, изображающий развалины общественной хлебопекарни в Помпее (рис. 23). Раскопки засыпанного лавой Везувия города Помпеи дают богатейший материал для изучения конструкции печей римского периода I века нашей эры. Здесь на одной из улиц открыты остатки кухни с печью, в которой происходило, повидимому, печение хлеба для семьи; об этом говорят небольшие размеры самой печи и найденная здесь же небольшая ручная мельница для зернового хлеба. Из таких печей дым обычно выпускали или прямо в дверь, или же в трубу, сообщавшуюся с окном [1]. На другой улице найдены остатки булочной с печью и мукомольными ручными мельницами. Печь представляла собой возвышение, сложенное из кирпичей. Под ним разводился огонь. Хлеб помещался на «поду». Вся печь была включена в духовое сводчатое помещение, сложенное из кирпича [2]. На улице дома Саллюстия найдены развалины общественной хлебопекарни и остатки ручных мельниц. Обнаружена большая печь с нижней подтопкой для дров и устьем. Дым выводился в каменную трубу [3]. Конструкция последней печи весьма напоминает «русские печи», широко распространенные на всей территории дореволюционной России.

Неравномерное развитие техники в пищевой отрасли хозяйства в деревне и в городе можно проследить на приготовлении пищевкусовых продуктов. В то время как привилегированные слои города и рабовладельцы в латифундиях (поместьях) имели пышный стол, крестьяне в деревне готовили себе пищу самым примитивным способом. Они ели кашицу из гороха, смешанную с мукой и со смоквой. В уже упоминавшейся комедии Аристофана «Мир» говорится:

«Ну-ка, поджарь нам, жена, бобов три хеника,
да пшеницы подсыпь к ним и достань смокв».

---

[1] H. Thédenat, Pompei. Vie privée, Paris 1910, p. 97, fig. 58.
[2] H. Thédenat, Pompei. Vie publique, Paris 1910, p. 121, fig. 63.
[3] A. Neuburger, Die Technik d. Altertums, S. 101, Ab. 165.

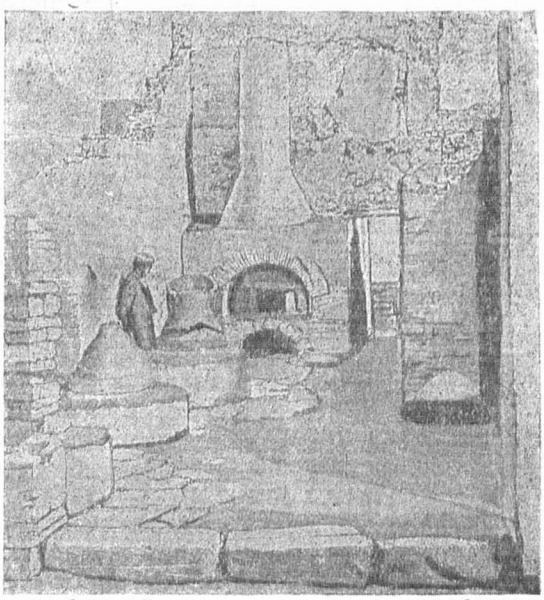


Рис. 23. Римская общественная хлебопекарня в I в. н. э.

Богатые греки и римляне имели разнообразные виды продуктов питания: мясо, рыбу, зелень, соусы всех видов, сыр, сухие и свежие фрукты, соленые пироги с пряностями, печенья, пирожные на меду и сахаре, дичь, лук, чеснок и различные вина. Для изготовления такой роскошной пищи требовались большие знания в деле кулинарии. Это и обусловило в середине V в. до н. эры появление поваров, которые занимаются только приготовлением пищи. Если раньше на кухне главным занятием было растирание муки и приготовление хлеба рабынями, то теперь на повара стало возлагаться приготовление всех перечисленных выше продуктов. Во времена Гомера считалось честью для гостя, когда для его угощения сам хозяин закалывал животное, разрезал мясо и участвовал в приготовлении кушаний. Накануне господства Рима это переходит всецело в руки повара.

Повара имели помощников, между которыми распределялись функции по кухне. Одни крошили приправку, зажигали и раздували огонь, другие накрывали стол, мыли посуду, наливали в чашу, третьи ходили на рынок покупать продукты для кухни и т. д. Во время пиршеств, которые были распространены особенно в Греции, кухня обслуживалась не менее чем десятью поварами. Чтобы достичь звания повара, требовалось практическое ученичество не менее чем в течение 2 лет. Кроме того, требовалось изучение кулинарии по книгам. Для получения звания повара требовалось изобрести не менее одного нового блюда и сдать экзамен по кулинарии. Изобретение блюд поощрялось, и поварам выдавались патенты на их изобретения.

В истории пищевой промышленности нельзя обойти молчанием развитие виноделия. Вино было распространенным продуктом. Оно входило в состав ежедневного потребления не только высшей знати, но и бедного крестьянина. Вино приготовлялось из виноградного сока.

Возделывание винограда составляет наиболее древнюю отрасль сельского хозяйства. Нахождение виноградных зерен в остатках швейцарских свайных построек доказывает употребление в пищу плодов винограда уже в эту раннюю пору. Что же касается культуры виноградной лозы и техники виноделия, то они занесены в Европу с Востока около 600 лет до н. эры, а именно в Марсель (Массилия) во Франции, откуда распространились в долинах Роны, Сены и Мозеля. Каменные памятники Египта (со времени около 1 500 лет до н. эры) сохранили изображения сбора винограда, обработки его и хранения вина [1]. По ним мы можем судить о примитивных средствах этого промысла.

Виноград собирали в кожаные мехи, шкуры и т. д. или же в поместительные глиняные вазы, найденные при раскопках Трои. В них производили выдавливание виноградного сока. Раздавленная масса (сусло) при приготовлении

[1] Катон, О земледелии, 105, 109—111 (перевод Кончаловского); Обермайер, Доисторический человек, Спб. 1913 г., стр. 525—526.

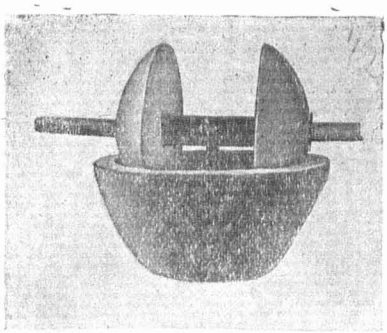


Рис. 24. Мельница для измельчания масляных зерен в Риме в I в. н. э.

красного вина выливалась в большие бродильные и глиняные сосуды или мехи, где оставлялась, пока не наступало брожение. При этом сок взбраживался вместе с кожицей, содержавшей красящее вещество; образовавшийся благодаря брожению алкоголь извлекал это красящее вещество, вследствие чего вино окрашивалось в более или менее интенсивный красный цвет.

При приготовлении белого вина стремились возможно скорее произвести выдавливание сока и удалить кожицу из сусла, чтобы кожица не окрасила выжатую массу сока.

Таким образом приготовленный сок вливали либо в бочки, либо в бурдюки (снятая кожа с животного), где его подвергали взбраживанию. Брожение вызывалось грибком, поселяющимся на ягодах винограда, который при обработке винограда попадает в сусло. Деятельность размножающихся грибков в сусле выражается в том, что они, разлагая сахар с выделением кислоты, образуют алкоголь, глицерин, янтарную кислоту и вещества, определявшие букеты вин или вкусы и ароматы.

Процесс брожения продолжался в зависимости от состава сусла и температуры, с повышением которой этот процесс сокращался. Для получения более тонких вин искусственное ускорение брожения не допускалось, так как от этого ухудшалось качество вина.

Перебродившее вино снова переливалось в кожаные мехи, шкуры или бурдюки, где хранилось долгие годы зарытым в землю или сложенным в подвалах. Чем дольше выдерживалось вино, тем полноценнее оно становилось по своему качеству и аромату. Никакие сложные машины и оборудование в виноделии не применялись. Так, например, часть настенной росписи гробницы Пакхта в м. Шейк-абд-эль-Гурна близ Фив в Египте (около 1415 г. до н. э.) изображает процессы сбора винограда и приготовление виноградного вина. После сбора виноград помещали в большой чан, где рабы ногами выжимали из него сок, стекавший в особый бассейн. В этом бассейне, повидимому, производилось брожение и после созревания вина, последнее разливалось в глиняные сосуды конусообразной формы [1]. Подобные способы приготовления вина мы и теперь можем встретить на Кавказе, в Армении и в других странах Востока.

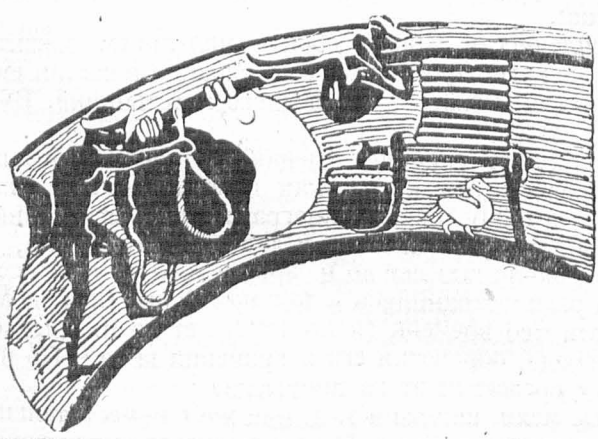


Рис. 25. Пресс для выжимания масла и сока. Греция VI—V в. до н. э. [2]

Следует отметить, что хорошие (выдержанные годами) вина шли на стол аристократии и привилегированной прослойки общества, а худшие сорта потреблялись рабами и крестьянами передовых стран античной эпохи.

Широким распространением, особенно в Греции, пользовалось оливковое дерево, плоды которого (маслины) потреблялись в пищу. Худшие сорта маслин шли на изготовление

[1] M. Rostovzeff, A history of the ancient world, Vol. I., Oxford, 1926, pl. XLVI.
[2] A. Neuburger, D. Technik d. Altertums, Leipzig 1920, стр. 117, рис. 178.

масел — оливкового, прованского и деревянного.

Размельчение масличных зерен производилось в чашкообразном сосуде двумя каменными полушариями, вращающимися в горизонтальном направлении (рис. 24). Выдавливание сока из размельченных зерен производилось при помощи рычажных (рис. 25) или клиновых прессов (рис. 26) вручную. Изображение рычажного пресса в греческий период (VI—V в. до н. э.) мы находим на одной из глиняных ваз. В пресс на скамью насыпались маслоносные зерна. Над зернами прокладывались деревянные щитки, которые придавливались горизонтальным брусом с подвешенным на одном конце грузом. Выдавленное масло стекало через кран в особый сосуд. Для увеличения силы давления рычага использовалась тяжесть человеческого тела.

Рис. 26. Клиновой пресс для масла в Риме в I в. до н. э.

На фреске в Геркулапуме (Италия) найдено изображение клинового пресса для маслоносных зерен. Выжимание масла произв дилось в массивной раме, на полки которой насыпалось зерно, прокладывавшееся деревянными щитами. Последние сжимались клиньями, и масло по желобкам стекало в подставленный сосуд. Клинья забивались молотками вручную [1].

Заслуживает внимания зарождение приготовления сахара, который в пищевом бюджете культурного человека на нынешнем этапе развития общества занимает видное место. Одним из первых документов, упоминающих об употреблении кристаллизованного сахара из тростника, являются труды древнего историка Плиния (род. 23 г., умер 70 г.). В своей «Historia naturalis» он пишет: «Аравия производит сахар, но аравийский сахар по своим достоинствам ниже индийского. Это мед, полученный из известного вида тростника. Он бел, как камедь, и раздробляется между зубами, самые большие куски имеют величину лесного ореха, его употребляют исключительно в медицине» [2]. Из этого можно сделать вывод, что сахар производился впервые в Индии и Аравии, откуда он поступал в незначительном количестве в Европу как лечебное средство. Потребление сахара в пищу начинается, несомненно, в конце античной эпохи среди господствующего класса. Массовое потребление относится к последующим эпохам [3].

V

Античное общество, которое имело огромные достижения в области развития материальной культуры, искусства, философии права и т. п., заслуживает внимания и с точки зрения развития техники пищевой промышленности. В эту эпоху было положено начало развитию техники пищевой промышленности. Но рабский строй и резкая грань между умственным и физическим трудом, с одной стороны, и положением аристократии и рабов — с другой, а также низкий уровень развития производительных сил привели к упадку этой культуры. Торговля развивалась, но производство продуктов не могло не только удовлетворить потребности внешнего рынка, но и прокормить население внутри страны.

[1] A. Neuburger, D. Technik d. Altertums, Leipzig 1920, стр. 117, рис. 178.

[2] «Киевск. универс. извест.», год XVII, № 1, январь, Киев 1877, стр. 45.

[3] Когда завезен сахар в Европу в значительном количестве, не установлено. В лондонских анналах находим, что в 1391 г. было ввезено в Европу 1 000 центнеров сахара на венецианских и генуэзских кораблях.

Военные походы, низкая производительность труда в сельском хозяйстве, понижение покупательной способности населения разорили землевладельцев. Латифундии перестали давать доходы рабовладельцам, и последние вынуждены были отказаться от них, передав землю вольноотпущенным и рабам, называвшимся «колонами», оставив за собой право взимать налоги и арендную плату с получивших землю. В результате в земледелии снова начинают преобладать мелкие хозяйства арендаторов, знаменующие собой эпоху феодализма. Об этом Энгельс говорит:

«Основанное на рабском труде хозяйство латифундии перестало приносить доходы; но в ту эпоху оно являлось единственно возможной формой крупного земледелия. Мелкое хозяйство снова сделалось единственно окупающей себя формой. Одна вилла за другой подвергались разбивке на мелкие парцеллы, которые передавались наследственным арендаторам, уплачивающим определенную сумму, или дольщикам, которые были скорее управителями, чем арендаторами, получая за свой труд одну шестую, а то и всего лишь девятую часть ежегодного продукта» [1].

Следует обратить особое внимание на то, что рабское хозяйство античного общества могло существовать только при постоянном восстановлении рабской рабочей силы путем замены замученных рабов свежими. Энгельс говорит:

«Только рабство создало возможность более широкого разделения труда между земледелием и промышленностью и, благодаря ему, расцвета древнегреческого мира. Без рабства не было бы греческого государства, греческого искусства и науки; без рабства не было бы и Рима. А без основания, заложенного Грецией и Римом, не было бы также и современной Европы. Мы не должны забывать, что все наше экономическое, политическое и умственное развитие вытекло из такого предварительного состояния, при котором рабство было настолько же необходимо, как и общепризнанно. В этом смысле мы имеем право сказать, что без античного рабства не было бы и современного социализма» [2].

Столетняя гражданская война довершила разорение Италии и провинций, которое началось еще в III в. Во время гражданских войн богатые римские рабовладельцы награбили себе огромные богатства (скот, инвентарь и т. д.), которыми ростовщическим образом потом спекулировали. Об этом ростовщичестве, явившемся причиной разорения крестьян, Маркс в III томе «Капитала» пишет:

«Когда ростовщичество римских патрициев окончательно разорило римлян, плебеев, мелких крестьян, наступил конец этой форме эксплоатации, и место мелкокрестьянского хозяйства заняло чисто рабовладельческое» [3].

Но это чисто рабовладельческое хозяйство было построено на песке. Все соседние страны были завоеваны и ограблены. С прекращением завоевательных войн иссяк и тот источник, откуда черпали пленных и рабов.

Торговля рабами прекратилась. Вся старая рабовладельческая система ведения хозяйства окончательно расстроилась и должна была замениться новой.

Прежние латифундии были разбиты на мелкие участки, обрабатываемые рабами нового порядка, «приписанными к земле». Везде прежнее крупное виноградарство и садоводство и крупное овцеводство стало заменяться мелким зерновым хозяйством. Таким образом земледелие опустилось ступенью ниже.

Итак, в недрах распадающейся римской рабовладельческой империи создавалось новое феодальное общество с новым способом производства. Но прежде чем этот новый способ производства был применен, вся экономическая жизнь гибнущей римской империи пришла в упадок. Промышленность за отсутствием сбыта захирела, торговля замерла или была насильственно прервана, сельское и городское население убыло [4].

---

[1] Ф. Энгельс, Происхождение семьи, частной собственности и государства, Партиздат, 1932, стр. 150—151.
[2] Ф. Энгельс, Анти-Дюринг, ГИЗ, 1930, стр. 167. изд. 3-е.
[3] К. Маркс, Капитал, т. III, ч. II, гл. 36, стр. 108.
[4] К. Маркс и Энгельс, Архив, кн. 1, стр. 255, изд. 1924 г.

Тов. Сталин в своем докладе на XVII съезде ВКП(б) о причинах гибели «великого Рима» отметил одно очень важное обстоятельство. Это — тенденция старого Рима третировать остальные народы как «низшую расу».

«А что из этого вышло? Вышло то, что не римляне, т. е. все «варвары», объединились против общего врага и с громом опрокинули Рим» [1].

Таким образом мы видим, что античное общество, покоящееся на рабском труде, достигнув определенного уровня развития производительных сил, не в состоянии было при данных производственных отношениях содействовать дальнейшему их развитию.

[1] И. Сталин, Отчетный доклад XVII съезду партии о работе ЦК ВКП(б), Партиздат, М. 1934, стр. 17.

Б. ЗУБОВИЧ

Проблема подшипниковых материалов в историческом освещении

Под подшипником мы подразумеваем опору вращающегося предмета — вала, позволяющую осуществлять скольжение двух поверхностей с возможно меньшим трением и, следовательно, с возможно меньшей бесполезной затратой механической энергии.

Подшипники принципиально могут быть: опорными, т. е. воспринимающими радиальные нагрузки вала, и упорными, т. е. воспринимающими осевые нагрузки, или же представлять собою комбинацию того и другого. Помимо того, в настоящее время мы делим подшипники на два основных типа, именно: подшипники скольжения, в которых цапфа вала скользит по поверхности вкладыша, и подшипники качения, в которых трение скольжения заменяется трением качения и цапфа вала катится по системе шариков или роликов, находящихся между нею и телом подшипника.

Идея подшипника возникла еще на заре человечества, когда прапредок современного человека впервые стал осмысленно применять окружавшие его предметы для удовлетворения своих потребностей, когда он стал создавать то, что мы теперь называем техникой. Первый подшипник связан с зарождением идеи вращения предмета вокруг своей оси, идеи, свидетельствующей о сравнительно высоком уровне техники примитивного человека. К принципу качения или вращения человек мог притти, только скатывая камень со склона горы или наблюдая подобное движение в другом каком-нибудь случае. Оценивая легкость передвижения предмета качением, человек мог притти к принципу подшипника в результате определенного накопления технического опыта.

Когда первобытный человек впервые подложил каток, будь то круглое бревно или палка, под тяжелый предмет — камень, например, — с целью облегчить его передвижение с места на место, то он осознал и применил на практике тот же принцип, который много позднее привел к современному роликовому или шариковому подшипнику. Однако свое конструктивное оформление в виде подшипника этот принцип «качения» получил лишь в средние века. Значительно раньше человек сумел и пользовать несравненно более простые по конструкции и более легкие для изготовления подшипники, основанные на принципе скольжения.

Можно предполагать, что первая подшипниковая система была образована в процессе просверливания отверстия в каком-либо предмете обихода доисторического человека при помощи простейшего сверла из осколка камня. На этот осколок камня или же на сверло с камнем в качестве острия сверху должен был производиться известный нажим — ладонью руки или куском дерева. Подобные примитивные сверла мы и сейчас еще можем найти в обиходе ряда племен, стоящих на низком уровне развития, — в Австралии, у индейцев Южной Америки, на острове Цейлон и др. Они состоят из палки, в один конец которой вставлено каменное или металлическое острие; другой ее конец несколько закруглен и

упирается в кусок дерева или в камень с небольшой выемкой посредине, служащий упорным подшипником, на который работающий нажимает рукой. Вращение сверла осуществляется при помощи своего рода «смычка» из согнутого прута с натянутой на нем тетивой. Тетива оборачивается вокруг сверла и при движении «смычка» взад и вперед заставляет сверло поворачиваться вокруг своей оси. Таким образом мы можем с большой долей вероятности заключить, что первый подшипник был упорным.

Дерево было долгое время основным подшипниковым материалом. Есть, правда, сведения о применении каменных подшипников, но не подлежит сомнению, что преобладающим материалом все же было дерево. Оно удовлетворяло всем требованиям до тех пор, пока не появилась потребность в быстрой транспортировке грузов на значительные расстояния. Такая потребность возникла с началом более или менее оживленных торговых сношений между культурными народами древности. Не последнюю роль здесь сыграла и военная техника. Усовершенствование подшипников связано с появлением военных колесниц и других колесных экипажей. Конные военные колесницы, применявшиеся в Греции в эпоху Троянской войны (около 1100 г. до нашего летоисчисления), равно как и колесницы египтян, упоминаемые в записях на гробнице Рамзеса II (около 1300 г. до нашего летоисчисления), имели деревянные подшипники, обитые металлическими пластинами.

По свидетельству Чохральского и Вельтера [1] культурные народы древности, в особенности Индии и Китая, употребляли подшипники, сделанные из железа.

Раннее средневековье является эпохой технического регресса по сравнению с достижениями древности. По дошедшим до нас сведениям для конструкций подшипников в эту эпоху применялось исключительно дерево, причем как сами конструкции, так и выполнение их отличалось грубостью и примитивностью. Особенно значителен технический регресс на протяжении первого этапа феодального строя в Западной Европе. В основе этого строя лежало натуральное хозяйство. Каждый господский и крестьянский двор сам производил для себя все предметы необходимости как сельскохозяйственного, так и ремесленного порядка. Разделение труда было осуществлено лишь в очень небольшой степени, и ремесло повсеместно служит для удовлетворения нужд либо суверенного феодала, либо своих собственных.

Такой общественный строй не мог, разумеется, способствовать накоплению и обобщению технического опыта и созданию технической культуры; он послужил причиной технического упадка по сравнению с культурой древности, обладавшей технически более совершенным производством и определенной суммой накопленных технических знаний и опыта, основанных на известном разделении труда.

Начиная примерно с XI в. вновь наблюдается процесс разделения труда, развитие обмена и товарного хозяйства. Происходит отделение города от деревни, в городах возникает ремесленно-цеховое производство. Эти явления сопутствуют росту собственно барского хозяйства феодалов, переводу зависимого крестьянства от натуральной повинности к денежной, частичному его обезземеливанию и выделению кадров сельскохозяйственного и ремесленного — городского — пролетариата. В области техники этот период характеризуется созданием сравнительно высокой ремесленной техники, которая процветает под защитой мощных цеховых организаций ремесленников, где технический опыт и знания тщательно культивируются, развиваются, накапливаются поколениями и доводятся до высокой степени совершенства.

Работа цеховых мастеров и особенно военных техников XIII—XIV вв. привела к значительному усовершенствованию элементов известных тогда машин.

[1] Czochralsky-Welter, Lagermetalle und ihre technologische Bewertung, Berlin 1924.

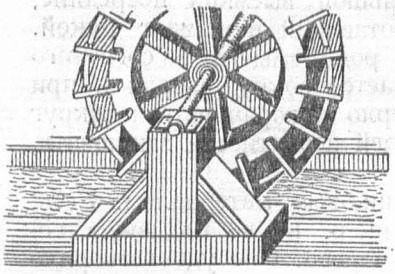


Рис. 1. Опорный подшипник водяного колеса, состоящий из деревянного стояка и железной крышки. Относится к началу XVI в.

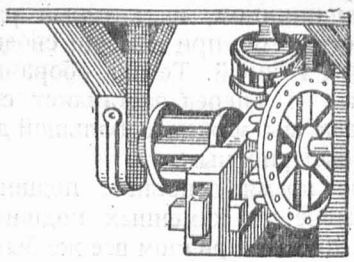


Рис. 2. Висячий подшипник, окованный железной скобой для прочности. Относится к XVI в.

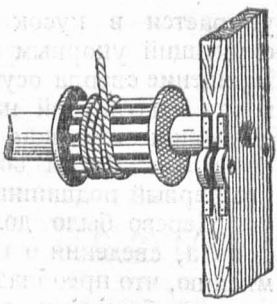


Рис. 3. Деревянный подшипник, обитый железом. XVI в.

До нас дошли рисунки подшипников, применявшихся в машинах того времени. На рис. 1 изображен опорный подшипник водяного колеса, относящийся к началу XVI в., который состоит из деревянных козел с небольшой выемкой. В последней лежит цапфа вала, прижатая сверху железной крышкой подшипника.

На рис. 2 изображена не менее любопытная конструкция висячего подшипника, который для большей прочности окован железной скобой.

На рис. 3 изображен деревянный подшипник, окованный железом. Дошедшие до нас сведения о более совершенных подшипниках относятся уже к XVIII столетию, причем толчком к их усовершенствованию послужило главным образом развитие токарных станков. Примерно к этому времени относится введение конических цапф для опор, воспринимающих как радиальные, так и осевые нагрузки, и первые конструкции разъемных подшипников со вставными вкладышами, которые дают возможность подтягивать подшипник по мере износа вкладышей. До нас не дошло точных указаний о том, какими материалами пользовались в то время для смазки подшипников.

На рис. 4 показана конструкция разъемного подшипника токарного станка XVIII в. Подшипник деревянный, состоит из корпуса, крышки и двух вынимающихся деревянных вкладышей. На рис. 5 изображен вал с цапфой, армированной для большей прочности железом. Вал этот точно так же относится к XVIII в.

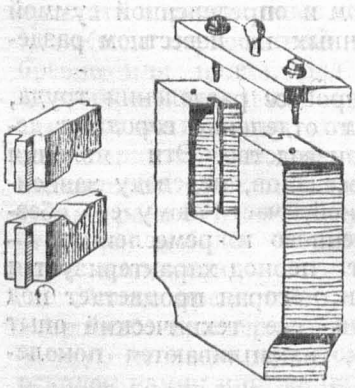


Рис. 4. Разъемный подшипник токарного станка со вставными деревянными вкладышами, допускающий подтяжку по мере износа. Начало XVIII в.

В XVIII в. начало машинного производства, превращение существовавших ранее мануфактур в фабрики дают сильнейший стимул к усовершенствованию элементов машин. С этого момента оно идет вперед гигантскими шагами.

Еще незадолго до этого основным материалом для подшипников служило дерево, а применение железа для увеличения прочности, широко известное в глубокой древности — во времена фараонов и троянской войны, — в значительной степени было забыто.

К началу XVIII в., характеризующегося быстрым техническим прогрессом, относятся первые робкие попытки усовершенствования подшипников — обивка железом, кожей или грубой тканью для улучшения скольжения. Фабричное производство и резкий подъем машиностроения привели к тому, что металл стал вытеснять дерево уже не как подсобный, а как основной материал для подшипников. В эту эпоху применяются подшипники

из железа, чугуна, латуни и особенно часто из бронзы. Быстро распознаются достоинства антифрикционной пары: железо или сталь и бронза. К этому времени относятся и первые подробные сведения о применявшихся смазках для подшипников. На необходимость смазки натолкнуло свойственное металлическим подшипникам заедание при работе всухую. Начинается изучение действия различных смазок. Ассортимент их довольно обширен: бараний и говяжий жир, мыло, растительные масла, свиное сало и т. п. Конструктивно подшипники достигают высокой степени совершенства. Появляются глубоко продуманные системы смазки подшипников. Конструкторы, имена которых до нас не дошли, додумываются до кольцевой, капельной смазки и даже до смазки под давлением. В это время встречаются уже самоустанавливающиеся подшипники, весьма близкие по типу к современным. Все это, вместе взятое, дает возможность достижения немыслимых ранее скоростей и нагрузок на подшипники. Рост требований со стороны бурно развивавшегося промышленного капитализма к техническому оснащению фабрик стимулирует совершенствование машин и их элементов. Начинается более глубокое изучение строения и свойств подшипниковых металлов. Это дает возможность в короткий срок добиться колоссальных успехов в этой области. Начинают изыскиваться и применяться новые подшипниковые металлы. Первое упоминание о специальном оловянно-сурьмянном подшипниковом сплаве относится к промежутку между 1792 и 1816 гг. (ориентировочно к 1800 г.).

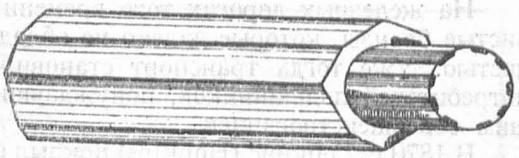


Рис. 5. Деревянный вал с цапфой, армированной железом для уменьшения износа. Середина XVIII в.

Подъем производительности фабрик и заводов на заре промышленного капитализма вызвал резкое увеличение товарооборота и необходимость в усовершенствовании транспорта. Проблема транспорта неразрывно связана с проблемой подшипника и сильно стимулировала усовершенствование последних. В 1814 г. Стефенсон построил первый паровоз, получивший практическое применение, и уже в 1825 г. в Англии, а в следующем году и во Франции были открыты первые железнодорожные линии для перевозки грузов, а с 1830 г. и для пассажирского движения. Начинается серьезная разработка подшипниковых металлов. Сплавы, бывшие в употреблении в конце XVIII и начале XIX в., не удовлетворяли требованиям, предъявлявшимся к хорошим подшипникам. Они либо не обладали удовлетворительными антифрикционными свойствами (железо, латунь, некоторые бронзы), либо же не могли выдерживать сколько-нибудь значительных нагрузок и скоростей, так как механическая прочность их была слишком мала и они просто выдавливались из подшипниковых лож (оловянно-сурьмянные сплавы).

Инженер Исаак Баббит положил начало новой эпохе в истории подшипников, получив в 1839 г. в США патент на вкладыши для подшипников из твердого и прочного металла (например бронзы), залитые мягким, пластичным, специальным подшипниковым сплавом. Баббит употреблял сплав, содержащий 89% олова, 7,3% сурьмы и 3,7% меди, не ограничивая, однако, своей патентной заявки определенным химическим составом сплава. Впоследствии его именем стали называться вообще все белые, антифрикционные металлы без различия их состава. Смысл изобретения Баббита и его преимущества заключались в том, что, с одной стороны, вкладыши из твердого металла обладали достаточной механической прочностью для очень больших сравнительно нагрузок; с другой стороны, заливка этих вкладышей тонким слоем мягкого, пластичного сплава давала возможность трущейся поверхности подшипника принимать возможно более точно форму цапфы — «прирабатываться» по валу — и тем самым воспринимать нагрузку всей своей поверхностью. Другими словами, такие подшипники соединяли преимущества как твердого, так и мягкого антифрикционного сплава.

На железных дорогах того времени для подшипников применялись оловянистые бронзы, которые далеко не обладали нужной для подшипников пластичностью. Уже тогда транспорт становился одним из наиболее требовательных потребителей подшипников, понуждавшим неустанно работать над их дальнейшим совершенствованием.

В 1870 г. Гопкинс (Hopkins) покрыл бронзовые подшипники тончайшим слоем свинца для получения лучшего соприкосновения трущихся поверхностей стальной цапфы и бронзового вкладыша. Мысль Гопкинса преследовала ту же цель, что и патент Баббита, а именно: создать пластичность хотя бы поверхностного слоя вкладыша, сделанного из твердого, прочного, но мало пластичного металла. Но он нашел, что свинец мало пригоден для этой цели вследствие своей слишком большой мягкости. Гопкинс в своих экспериментах исходил из свойств твердого и хрупкого сурьмянистого свинца, получающегося как побочный продукт при рафинировке серебра. Таким образом было положено начало новой группе антифрикционных сплавов на свинцовой основе. Сплав Гопкинса был впоследствии усовершенствован правильной дозировкой сурьмы и добавлением нескольких процентов олова и меди, что значительно улучшило его антифрикционные свойства. Почти одновременно с опытами Гопкинса были сделаны первые попытки придать бронзам пластичность по всему их объему путем присадки к сплаву нескольких процентов свинца. В 1870 г. в Англии Александр Дик изобрел сплав, содержащий: 80% меди, 10% олова, 10% свинца.

Этот сплав был долгое время стандартным подшипниковым сплавом на железных дорогах Англии и продолжает с успехом применяться как прекрасный антифрикционный металл в наши дни. Распространению бронз, содержащих свинец, долгое время препятствовали затруднения технологического порядка, так как литье их сопряжено с значительными трудностями. Свинец образует с медью только механическую смесь и крайне склонен к ликвации, к скоплению в некоторых местах отливки, чем нарушается однородность сплава. Бороться с ликвацией свинца долгое время не умели ввиду отсутствия систематических научных исследований бронзовых сплавов. Первое классическое исследование бронз, содержащих свинец, было опубликовано в 1892 г. д-ром С. В. Дюдлеем [1], шеф-химиком Пенсильванской железной дороги. Он исследовал огромную серию бронзовых подшипниковых сплавов в лабораторных и эксплоатационных условиях и выработал сплав «Ex. B.-Metall» следующего состава: 77% меди, 15% свинца, 8% олова.

Этот металл стал стандартным подшипниковым сплавом Пенсильванских ж. д. вместо применявшегося ими ранее сплава «S» (сплава Дика).

В 1898 г. было опубликовано делающее эпоху исследование М. Шарпи о строении и природе антифрикционных сплавов. Шарпи формулировал два основных требования, которым должен удовлетворять каждый антифрикционный металл: первое — некоторая пластичность, необходимая для того, чтобы металл вкладыша был способен в точности воспринимать форму цапфы (прирабатываться) и таким образом максимально увеличивать площадь соприкосновения между ними.

Тем самым давление на подшипник распределяется равномерно на всей его поверхности и улучшаются условия смазки. Равномерность пленки увеличивается, опасность разрывов этой пленки становится значительно меньше, отсюда уменьшается износ вкладыша и вала от истирания. При этом пластичность металла все время несколько сглаживает деформацию вкладыша, происшедшую вследствие износа.

Второе требование Шарпи — это неоднородность строения. По своей микроструктуре баббит должен представлять собой мягкую основу с вкрапленными кристаллами твердых составляющих сплава, которые собственно несут на себе

[1] C. B. Dudley, Bearing Metall Alloys, «Journ. Franklin Inst.», 1892.

нагрузку вала. Твердые составляющие должны быть равномерно распределены во всей массе баббита.

Шарпи был первым исследователем, поставившим изучение белых антифрикционных сплавов на научную основу. Под его именем широко известен так называемый «баббит Шарпи», имеющий классический состав: 6—7% меди, 10—12% сурьмы, остальное—олово.

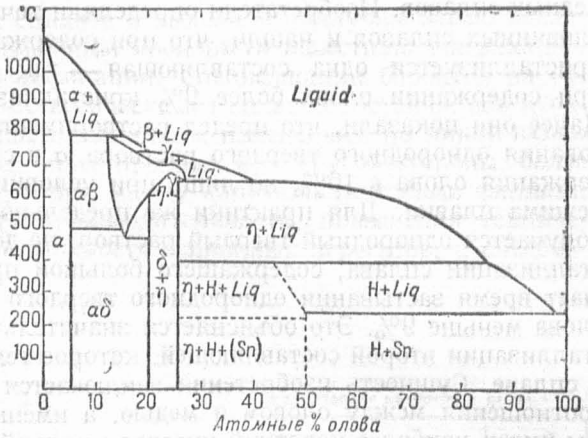


Рис. 6. Диаграмма состояния медно-оловянных сплавов, опубликованная в 1903 г. исследователями Heycock и Neville.

Растущая потребность транспорта, в частности железнодорожного, в материале высокого качества для подшипников постоянно ставила новые задачи перед исследователями и все настоятельнее требовала теоретического обоснования и обобщения накопленного практического опыта. После работы Шарпи, положившего начало научному изучению строения белых подшипниковых металлов, было сделано несколько попыток изучить строение подшипниковых бронз, в частности наиболее часто применяемых на транспорте — оловянистых бронз.

Первую крупную теоретическую работу в области подшипниковых бронз проделали Heycock и Neville, которые разработали диаграмму состояния медно-оловянных сплавов. Первое сообщение о своей работе исследователи сделали в 1897 г. В окончательном же своем виде диаграмма состояния была ими опубликована в журнале «Proceed. Royal Soc.» в 1901 и затем в 1903 гг. Диаграмма была ими построена на основе тщательного термического анализа и подробного изучения микроструктур. Работа может быть названа классической как с точки зрения ее результатов, не потерявших значения до нашего времени, так и с точки зрения методологии исследования. На рис. 6 изображена диаграмма в том виде, в каком она была опубликована в 1903 г.

Heycock и Neville с величайшей тщательностью проверили кривые охлаждения медно-оловянных сплавов и на основании их построили диаграмму. Проделанная работа была дополнена блестящей разработкой структуры сплавов при помощи изучения под микроскопом. Их исследование было иллюстрировано 101 микрофотографией с полным описанием приготовления образцов, всех условий их тепловой обработки и содержания картины их структурного сложения. Именно Heycock и Neville положили начало методу изучения структурных превращений в сплавах посредством закалки образцов, с тех пор сделавшемуся обычным в металлургической практике. Мы видим, что теоретическое обобщение опыта, накопленного в результате ряда работ, проделанных для удовлетворения неотложной потребности промышленности и транспорта, сильно отстает от последних. Работа Шарпи, сформулировавшего принципы строения подшипниковых сплавов и положившего начало их научному изучению, явилась результатом трудов предыдущих исследователей, Баббита и других, искавших рационального решения выдвинутых техникой проблем. Точно так же и разработка диаграммы состояния медь — олово следует за целым рядом трудов в области подыскания наилучших антифрикционных сплавов и, в свою очередь, поднимает на высший теоретический уровень работы последующих авторов.

В 1900 г. в США был выдан патент Кламеру и Гендриксону (G. H. Clamer и F. G. Hendrikson) на бронзовый сплав с содержанием более 20% свинца и не выше 7% олова. Изобретение основывалось на теоретическом изучении оловянно-

медных сплавов. Изобретатели определяли точки плавления и застывания медно-оловянных сплавов и нашли, что при содержании олова не выше 9% из сплава кристаллизуется одна составляющая — так называемый твердый раствор α, при содержании олова более 9% кристаллизуется еще другая составляющая. Далее они показали, что предел растворимости олова в меди, т. е. предел образования однородного твердого раствора α в сплаве может быть повышен до содержания олова в 16%, но лишь при условии тщательного соблюдения особого режима плавки. Для практики же предельное содержание олова, при котором получается однородный твердый раствор, не должно превышать 9%. Время кристаллизации сплава, содержащего большой процент олова, значительно превышает время застывания однородного твердого раствора α, т. е. при содержании олова меньше 9%. Это объясняется значительным выделением теплоты при кристаллизации второй составляющей, которое тем больше, чем выше процент олова в сплаве. Сущность изобретения заключается в установлении наивыгоднейшего соотношения между оловом и медью, а именно 9 : 91. При таком соотношении мы имеем наиболее короткий интервал полной кристаллизации сплавов, что особенно существенно при добавлении в бронзе свинца. Сохраняя соотношение олово—медь равным 9 : 91, можно добавлять более 20% свинца, не повышая склонности сплава к ликвации, благодаря тому, что кристаллизация сплава происходит раньше, чем на данном интервале температур успевает ликвировать свинец.

Соотношению 9 : 91 как раз и соответствует запатентованный Кламером и Гендриксоном сплав (7% олова, 20% свинца, остальное — медь).

Между этими авторами и изобретателем А. Алланом разгорелся длительный патентный конфликт. Аллан запатентовал примерно в то же самое время ряд свинцово-медных сплавов с содержанием свинца от 20 до 50% и с небольшими присадками олова или никеля. Он утверждал, что в его сплавах олово присаживается не для уменьшения ликвации свинца, которой он якобы не опасается благодаря особому методу сплавления бронзы, а только для увеличения механической прочности металла. Под названием «красный металл Аллана» его бронзы получили в свое время широкое распространение как на транспорте, так и в машиностроении. Метод изготовления «красного металла» сохранялся Алланом в строжайшем секрете и заключался в добавлении к металлу серы. Последняя сильно понижает температуру, при которой свинец больше нерастворим в меди, и тем самым сужает интервал температур и времени, на котором свинец может ликвировать. Таким образом в значительной степени устранялись литейные затруднения и достигалась возможность получения достаточно гомогенных отливок из сплавов, содержащих 30—40 и даже 45% свинца. По всей вероятности, Аллан случайно обнаружил это свойство серы, и его работа не является плодом длительных теоретических изысканий, как работа Кламера.

Все вышеописанные антифрикционные бронзы в большей или меньшей степени удовлетворяют требованиям, формулированным Шарпи. Они обладают как пластичностью, так и неоднородностью строения, отличаясь от баббитов только тем, что в противоположность им имеют твердую основную массу кристаллов твердого раствора и вкрапленные между ними мягкие включения свинца (баббиты же, как уже указывалось, имеют твердые составляющие, вкрапленные в мягкой основе).

Антифрикционные бронзы, естественно, более тверды и обладают значительно большими механическими качествами, чем баббит.

Ниже мы приводим современную спецификацию подшипниковых бронз, разработанную Американской ассоциацией испытания материалов (A. S. T. M.), в которую вошли бронзы Дика, Дюдлея, Кламера и Аллана, применяемые и в наши дни для подшипников (табл. 1).

Вернемся к белым подшипниковым металлам. Баббит, Гопкинс, Шарпи и другие исследователи предложили ряд антифрикционных сплавов. Последующая практическая проверка их в промышленности и на транспорте произвела своего

рода естественный отбор среди этих сплавов и выделила наилучше зарекомендовавшие себя на практике. Стало возможным произвести известную унификацию подобных сплавов и выработать спецификации. Спецификации баббитов на основе давно опробованных, ставших «классическими» сплавов составлялись неоднократно и подвергались в дальнейшем различным изменениям по линии включения, с одной стороны, механически более прочных и, с другой стороны, более дешевых сплавов. Усиленная конкуренция между капиталистическими фирмами требовала непрестанного повышения производительности, повышения технической скорости машин. Быстро росли мощности машинных агрегатов, а следовательно, и нагрузки на подшипники.

Таблица 1

Спецификация подшипниковых бронз A. S. T. M.

№№ по порядку	Химический состав в %[1]							Механические качества в *кг/мм²*			
	Медь	Олово	Свинец	Цинк макс.	Фосфор	Сера макс.	Прочие примеси макс.	Прочность на разрыв *кг/мм²*	Предел упругости при сжатии[2] *кг/мм²*	Удлинен. %	Твердость по Бринелю (нагрузка 500 *кг*)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	85	10	5	0,25	0,70 мин.	0,05	0,05	19,7	12,6	12,5	60
2	80	10	10	0,50	0,70 мин.	0,05	0,75	17,6	10,0	8,0	55
3	80	10	10	2,00	0,05 макс.	0,05	2,50	15,5	8,7	8,0	50
4	77	8	15	0,50	0,25 макс.	0,05	0,75	14,0	8,4	10,0	48
5	73	7	20	0,50	0,05 макс.	0,05	1,00	12,6	7,7	7,0	45
6	70	5	25	0,50	нет	0,05	1,00	10,5	7,0	5,0	40
A	ост.	20 макс.	—	—	1,0 макс.	—	0,50	—	16,9	—	—
B	ост.	17 макс.	—	—	1,0 макс.	—	0,50	—	12,6	—	—

В конце XIX в. в связи с зарождением новой, автомобильной, промышленности в качестве главного потребителя подшипников всех видов выступил транспорт. Новоизобретенный двигатель внутреннего сгорания, стесненный как в отношении габаритов, так и в отношении веса, быстро предъявил свои требования подшипнику. Условия работы вкладышей в автомобильных моторах с большим числом оборотов, большими нагрузками и скупо дименсионированными подшипниками потребовали особо высококачественных баббитов и заставили тщательно переработать всю технологию изготовления вкладышей.

Динамика развития автомобильного транспорта в мировом хозяйстве, которую можно проследить хотя бы на примере статистики регистрации новых автомобилей в США (см. диаграммы рис. 7 и 8), дает нам наглядное представление о росте потребления подшипников за это время.

Американской ассоциацией испытания материалов (A. S. T. M.) в спецификации белых антифрикционных сплавов приведено большинство «классических» баббитов, получивших широкое распространение в промышленности за первую четверть нашего века (см. табл. 2). Сюда не вошли более новые антифрикционные сплавы на свинцовой основе, как в меньшей степени опробованные и не получившие еще повсеместного признания. В металлографическом отношении означенные сплавы классифицированы в табл. 3.

[1] Количество примесей в №№ 1 — 6 не должно превышать: железо 0,25%, сурьма — 0,50%, алюминий—0%. Отклонения от указанного химсостава допускаются: при содержании до 5%—в 0,5%; от 5 до 10%—в 1,0% и при содержании выше 10%—в 1,5%. Бронзы №№ 5 и 6, склонные к ликвации свинца, могут быть улучшены добавлением 1% никеля.

[2] Предел упругости при сжатии определяется нагрузкой в *кг/мм²*, дающей сжатие в 0,0254 *мм* на образце высотой в 25,4 *мм* и 25,4 *мм²* в поперечном сечении.

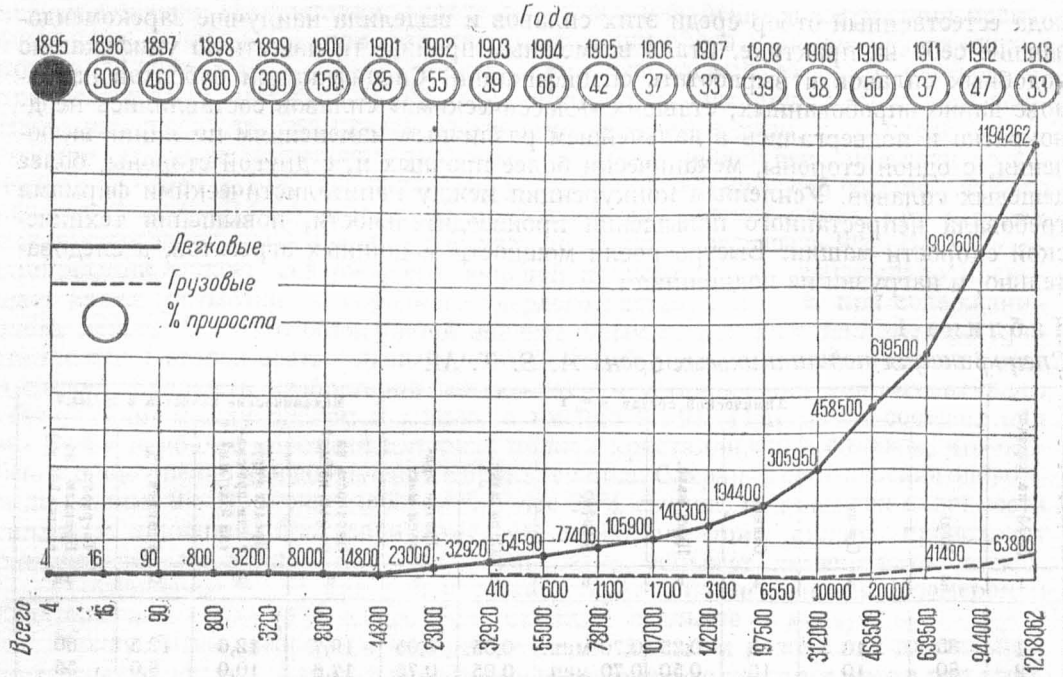


Рис. 7. Кривая регистрации новых автомобилей в США (по данным департамента коммерции США и журнала «Automotive Industries»).

Таблица 2

Спецификация баббитов A. S. T. M.

№	Химический состав в %						Точка плавления °С	Точка полного расплавления °С	Наилучшая температура литья °С	Прочность на сжатие в кг/мм² при		Твердость по Бринелю	
	Олово	Сурьма	Свинец	Медь	Железо макс.	Мышьяк макс.				20° С	100° С	20°	100°
1	91	4,5	0,35макс.	4,5	0,08	0,10	223	—	441	9,0	4,9	17,0	8,0
2	89	7,5	0,35 „	3,5	0,08	0 10	241	354	424	10,0	6,1	24,5	12,0
3	83,3	8,33	0,35 „	8,33	0,08	0,10	240	422	491	12,3	7	27	14,5
4	75	12	10	3	0,08	0,15	184	306	377	11,3	4,8	24,5	12,0
5	65	15	18	2	0,08	0,15	181	296	366	10,5	4,7	22,5	10,0
a	61,5	10,5	25	3	0,08	0,15	—	—	—	—	—	—	—
b	45	7,5	46	1,5	0,08	0,15	—	—	—	—	—	—	—
c	30,5	8,5	60	1	0,08	0,15	—	—	—	—	—	—	—
6	20	15	63,5	1,5	0,08	0,15	181	277	346	10,0	5,6	21,0	10,5
7	10	15	75	0,5макс.	—	0,20	240	268	338	11,0	4,3	22,5	10,5
8	5	15	80	0,5 „	—	0,20	237	272	341	10,9	4,3	20,0	9 5
9	5	10	85	0,5 „	—	0,20	237	256	327	10,2	4,1	19,0	8,5
10	2	15	83	0,5 „	—	0,20	242	264	332	10,8	4,0	17,5	9,0
11	—	15	85	0,5 „	—	0,25	244	262	332	9,0	3,6	15,0	7,0
12	—	10	90	0,5 „	—	0,25	245	259	329	9,1	3,6	14,5	5,5

Цинка и аллюминия не должно быть. Допустимы отклонения в химическом составе: 0,25% при содержании до 2%; 0,5% при содержании от 2—5%; 0,75% при содержании от 2—10% и 1% при содержании выше 10%.

[1] Нагрузка, которая дает уменьшение длины на 25% образца ⌀ 12,7 *мм* и длиной 37,1 *мм*.

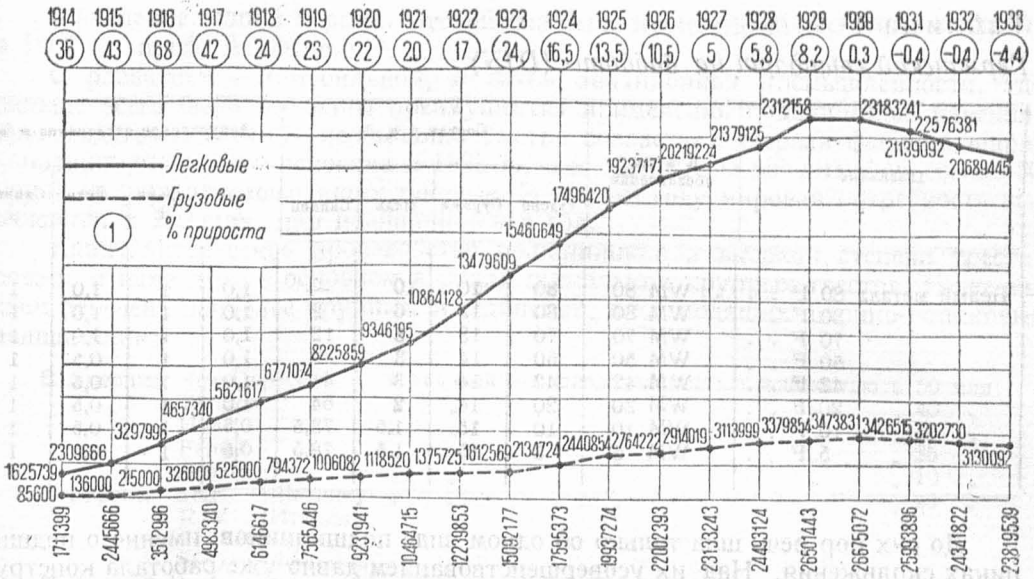


Рис. 8. Кривая регистрации новых автомобилей в США (по данным департамента коммерции США и журнала «Automotive Industries»).

Таблица 3

Металлографическая классификация баббитов спецификации A. S. T. M.

(Составлена Wm. A. Cowan — материалы A. S. T. M.)

Класс	№№	Твердые составляющие	Мягкие составляющие	Назначение
A	1—2 3	Кристаллы Sn — Cu Кристаллы Sn — Cu и Sn (Sb)	Твердый раствор Sb в Sn	Применяется повсюду, в частности для двигателей внутреннего сгорания. Иногда заменяется классом C.
B	4—5—6 и a, b, c	Sn (Sb) и кристаллы Sn — Cu	Эвтектоид P Pb + Sn (Sb)	Для вкладышей, где требуется большая пластичность и в то же время большая крепость металла.
C	7 8—10 11	Sn (Sb) Sb или раствор Sn в Sb Кристаллы сурьмы	Эвтектоид O Pb + Sb (Sn) Эвтектика Pb—Sb	Для широчайшего применения. Сплав 7 специально предназначен для замены сплавов класса A.
D	9 12	Эвтектоид O Эвтектика Pb— Sb	Мягкие дендриты Pb	Неприменимы для широкого употребления. Предназначены для специального назначения— например в подшипниках ж.-д. вагонов

Спецификация A. S. T. M. охватывает очень большое количество сплавов, часть их не вполне безупречна с металлургической точки зрения, и существование их наряду с лучшими сплавами равной стоимости не оправдывается. Мы приводим для сравнения более позднюю германскую спецификацию DIN, в которой количество сплавов значительно меньше (см. табл. 4).

Таблица 4

Германский стандарт на баббиты (DIN)

Название	Краткое обозначение	Состав в %				Допускаемое отклонение в %			
		Олово	Сурьма	Медь	Свинец	Олово ±	Сурьма ±	Медь ±	Свинец ±
Белый металл 80 F . .	WM 80	80	10	10	—	1,0	1	1,0	1
80 F . .	WM 80	80	12	6	2	1,0	1	1,0	1
70 F . .	WM 70	70	13	5	12	1,0	1	1,0	1
50 F . .	WM 50	50	14	3	33	1,0	1	0,5	1
42 F . .	WM 42	42	14	3	41	1,0	1	0,5	1
20 F . .	WM 20	20	14	2	64	1,0	1	0,5	1
10 F . .	WM 10	10	15	1,5	73,5	0,5	1	0,5	1
5 F . .	WM 5	5	15	1,5	78,5	0,5	1	0,5	1

До сих пор речь шла только об одном виде подшипников, именно о подшипниках скольжения. Над их усовершенствованием давно уже работала конструкторская мысль, искавшая возможностей уменьшения практически значительного коэфициента трения в подшипниках и ставившая себе задачу заменить скольжение качением. Принцип качения, равно как и его преимущества, заключающиеся в меньшем коэфициенте трения, известны человечеству с доисторических времен. Попытки сконструировать подшипники качения делались еще в глубокой древности. Они, однако, не имели успеха ввиду необходимости соблюдения большой точности при изготовлении таких подшипников. До середины прошлого столетия они изредка применялись только в отдельных механизмах. С изобретением велосипеда, легкость хода которого могла быть осуществлена только при использовании шариковых опор, стал актуальным вопрос о промышленном изготовлении шариковых подшипников.

Мы считаем необходимым в двух словах остановиться на истории развития шариковых и роликовых подшипников ввиду тесной связи их с развитием подшипников скольжения. Оба вида подшипников всегда конкурировали между собой, причем на стороне первых был меньший коэфициент трения. Это и привело к их быстрому распространению везде, где их можно было применить по условиям конструкции и по экономическим соображениям. На стороне подшипников скольжения была большая дешевизна, простота изготовления и возможность применения повсюду, в частности в качестве коренных и шатунных вкладышей в двигателях внутреннего сгорания. В 1883 г. Фридрих Фишер начал производство шарикоподшипников на специальной, основанной им фабрике в Швейфурте на Майне (Германия). Теоретическое обоснование работы шариковых и роликовых опор сделано трудами Генриха Герца, который в 1881 г. опубликовал работу: «О соприкасании твердых упругих тел и о твердости» [1], и работами французского академика Буссинеска, который теоретически разрешил общую задачу о распределении напряжений около точки приложения сосредоточенной внешней силы в упругой среде, ограниченной плоской поверхностью [2]. Несколько позднее, в 1901 г., проф. Штрибек по специальному заданию германских оружейных и аммуниционных заводов произвел обширное исследование свойств упругих стальных шариков, применяемых в шарикоподшипниках [3].

[1] Heinrich Hertz, Gesammelte Werke, I. Ueber die Berührung fester elastischer Körper und über die Härte.

[2] S. Boussinesque, «Comptes Rendus», CXIV, стр. 1510. Application des potentials a l'équilibre et du mouvement des solides élastiques, Paris 1885.

[3] Prof. Stribeck, Neu Babelsberg, VDI, 1901, стр. 73.

Обобщение теорий Герца и Буссинеска было произведено несколько позднее, в 1907 г., проф. А. Феппль [1].

С развитием автомобильной, а затем авиационной промышленности, где раньше всего были осознаны преимущества применения подшипников качения, производство последних необычайно быстро возрастает. Первая фабрика шарикоподшипников была основана в 1883 г., а к 1928 г. мы насчитываем свыше 80 крупных фирм, производящих таковые. В том же году мировая потребность выражается в 250 млн. пар подшипников в год.

Капиталистическое производство подшипников в высокой степени трестировано и находится в основном в руках нескольких крупных трестов. Ниже мы даем перечень наиболее крупных объединений, производящих шарико-роликовые подшипники:

В Америке:	New-Departure	с годовой производительностью мощностью в	50 млн.
	Timken	» » » » »	40 »
	Hyatt	» » » » »	30 »
	Falmir	» » » » »	25 »
	Goover	» » » » »	10 »
В Европе:	SKF (Швеция)	» » » » »	20 »
	RJV (Италия)		
	Fischer (Германия)		
	SRO (Франция)		
Ramson & Marless	(Англия)		
Hoffman	(Англия).		

Приведенные цифры выражают, понятно, максимальную производственную мощность указанных объединений. Каждое из них насчитывает по нескольку заводов и многие являются трестами мирового значения, имеющими филиалы во всех странах мира, как, например, Timken, SKF и др. У нас в Советском союзе крупнейшее производство шариковых и роликовых подшипников имеется на первом государственном заводе «Шарикоподшипник» имени т. Л. Кагановича в Москве. Это производство можно во всех отношениях поставить в один ряд с крупнейшими и лучшими мировыми фирмами.

Из приведенного обзора мы ясно видим непосредственную связь развития проблемы подшипника сначала со строительством железных дорог, а затем с автомобильной и авиационной промышленностью, т. е. с наиболее современными видами транспорта.

Двигатели внутреннего сгорания и именно те из них, которые предназначены для транспортных экипажей, нуждаются в особо высококачественных подшипниках. Чем выше требования, предъявляемые к двигателю в отношении мощности, числа оборотов, надежности, экономичности в эксплоатации и легкости, тем жестче приходится дименсионировать отдельные элементы конструкции, тем выше приходящиеся на них нагрузки и тем выше становятся требования к материалу. Это в особенности относится к подшипникам, которые в современных моторах нагружены до предела их выносливости. Подшипник становится узким местом в конструкции мотора. Мысль конструкторов и особенно технологов, естественно, направляется в сторону изыскания средств для повышения предельной нагрузки на подшипники. Здесь возможны дальнейшие конструктивные усовершенствования, например улучшение условий смазки, лучшая обработка поверхности вкладыша и вала, уменьшающая возможность сухого и полусухого трения в подшипнике и, наконец, разработка новых, особо стойких антифрикционных сплавов. Ниже мы подробно остановимся на последней проблеме. Сейчас же мы проанализируем влияние экономических факторов, оказавших решающее влияние на развитие подшипников.

Олово — основной материал для качественных баббитов — является весьма дорогим металлом. Многие страны вынуждены его импортировать. Понятно

[1] Prof. A. F e p p l, Vorlesungen über technische Mechanik, т. V.

поэтому давнее стремление легировать олово другими металлами и по возможности заменить его полностью с целью максимального удешевления подшипников. Мировая война 1914 г. заставила многие страны, отрезанные от месторождений олова [1], много поработать над его заменой. В этом отношении особенно большую роль сыграла Германия, вынужденная импортировать олово несмотря на наличие небольших его месторождений в Саксонии. Приведенные в табл. 2, в спецификации DIN, баббиты на свинцовой основе были первым шагом на пути к этой замене.

В Германии в качестве суррогата баббита во время войны предлагались цинковые баббиты самого разнообразного состава:

Цинка	40—87,2%	Сурьмы	0—38%
Олова	4,3—25%	Свинца	1—25%
Меди	0—12%		

Цинковые баббиты обладают неплохими антифрикционными свойствами, но отличаются значительной хрупкостью, и изготовление их весьма сложно ввиду большого угорания цинка. Широкого распространения они не получили. Значительно большее применение получили баббиты на свинцовой основе с присадками щелочных металлов или металлов щелочных земель. Уже давно было найдено, что небольшие присадки натрия дают свинцу ту же твердость, что и значительно большие присадки сурьмы. В 1905 г. был запатентован сплав под названием «Noheet», содержавший 0,5—4% натрия. Сплав этот обладал удовлетворительными антифрикционными свойствами, но был подвержен коррозии на воздухе.

В 1915 г. Frary и Temple изобрели ряд сплавов свинца с небольшими присадками металлов щелочных земель. Некоторые из этих сплавов, например «Ulco-Metall» и «Frary-Metall», нашли применение в промышленности. «Frary-Metall» содержит до 99% свинца и около 1% кальция или бария (одновременное содержание сурьмы не допускается).

Таблица 5

Сравнительные свойства баббита, бронзы и лурги-металла

Наименование	Удельный вес	Литейная усадка в %	Предел упругости по Мартенсу кг/мм²	Нагрузка, дающая деформацию в 0,2% кг/мм²	Прочность[1] на сжатие (номинальная) кг/мм²	Прочность[2] на сжатие (эффективная) кг/мм²	Усадка при сжатии в %	Твердость при комнатной температуре НВ (10 — 500)	Твердость при 100° С НВ (10—500)
Подшипниковая бронза (10% Sn)	8,8	1,5	9,9	11,0	60	40	32	60—80	ок. 60
Баббит (5% Cu; 15% Sb; остальн. Sn) . .	7,2	0,5—0,6	1,86	5,0	20	13	34	30—34	15
Свинцовый баббит (5% Sn; 15% Sb; остальн. Pb)	10,5	0,65	0,86	3,1	17	9	44	20—25	13
Лурги-металл	11,0	0,95	3,3	5,5	24,5	23,5	56	28—36	20

[1] Малакка, Зондские о-ва и др.

[2] Номинальная прочность на сжатие — нагрузка в *кг/мм²*, приведшая к разрушению образца.

[3] Эффективная прочность на сжатие — предельная нагрузка, отнесенная к соответствующему ей увеличенному поперечному сечению: номинальная прочность на сжатие $\times \frac{100 - \%\text{ уменьшения высоты образца}}{100}$.

Эффективная прочность больше соответствует прочности материала в рабочих условиях, в то время как номинальная прочность сильно возрастает при очень пластичных металлах и не может дать действительной картины.

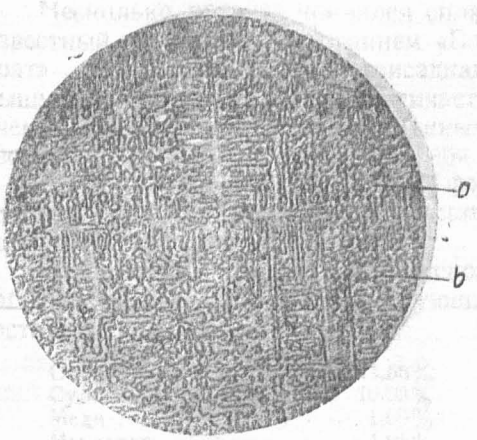


Рис. 9. Микроструктура литой оловянистой подшипниковой бронзы, содержащей 10% олова.

a — твердый раствор олова в меди (кристаллы α); *b* — более богатая медью эвтектика (α + δ); δ соответствует соединению Cu_4Sn. Шлиф травлен аммиаком.

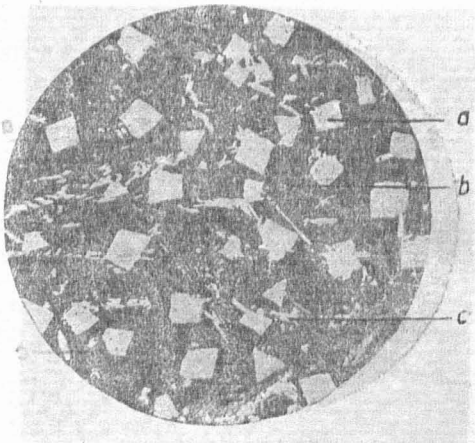


Рис. 10. Микроструктура нормального баббита, содержащего: 5—6% меди; 12—13% сурьмы; остальное олово.

a — кубические кристаллы твердого раствора сурьмы в олове (кристаллы до 50% сурьмы); *b* — мягкая, пластичная, основная масса, состоящая из твердого раствора сурьмы в олове (кристаллы до 10% сурьмы); *c* — игловидные кристаллы химического соединения. Шлиф травлен горячей серной кислотой 1 : 1

Аналогичный сплав был в то же время разработан в Германии Вальтером и Гансом Матезиусом (Walther, Hans Mathesius) под названием «Mathesius-Metall» или «Lurgi-Lagermetall». Он долгое время служил стандартным подшипниковым сплавом германских железных дорог.

«Lurgi-Lagermetall» (лурги-металл) имел следующий химический состав:

Свинца	96,5%	Кальция	0,4%
Бария	2,8%	Натрия	0,3%

Сплав этот отличался прекрасными антифрикционными качествами и механической прочностью, ничем не уступавшей лучшим высокооловянистым баббитам. Приводим несколько данных для сравнения свойств оловянистого баббита, подшипниковой бронзы и лурги-металла (по исследованию Чохральского) (см. табл. 5).

Мы приводим микрофотографии сплавов, приведенных в табл. 5. На рис. 9 изображена структура оловянистой бронзы, где *a* — твердый раствор олова в меди, а *b* — более богатая медью эвтектика. На рис. 10 дана структура классического баббита, где *a* — кубические кристаллы Sn(Sb), *b* — мягкая основная масса, состоящая в основном из олова, и *c* — игловидные, очень твердые кристаллы химического соединения Cu_3Sn. На рис. 11 представлена структура свинцового баббита, где *a* — Sn(Sb)-кристаллы, *b* — эвтектика Pb + Sn(Sb) и *c* — в основном чистый свинец.

Как видим, все эти сплавы соответствуют требованию Шарпи о неоднородности структуры и о равномерном распределении твердых составляющих в мягкой основной массе. На рис. 12 дана структура лурги-металла, где *a* — твердые кристаллы, вероятно, Pb_3Ba, *b* — более податливая эвтектика Pb + Na_2Pb_5 и *c* — очень твердые кристаллы, вероятно Pb_3Ca. Так же, как и предыдущие, лурги-металл являет собой безукоризненную структуру с точки зрения требований Шарпи.

При всех своих достоинствах лурги-металл подвержен коррозии, что делает его не совсем удобным для практического применения. Впоследствии он был заменен новым стандартным сплавом, так называемым «Bahnmetall» (железнодрож-

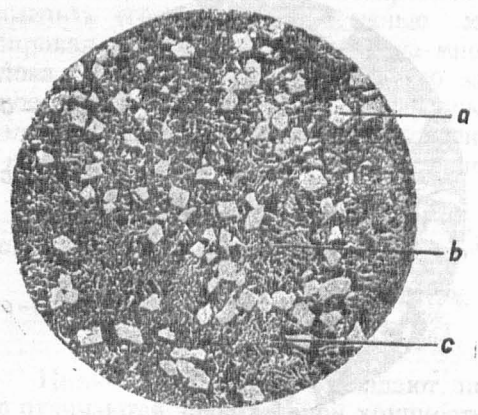


Рис. 11. Микроструктура свинцового баббита, содержащего 5% олова; 15% Sb и остальное свинец.

a — твердые β-кристаллы раствора сурьмы в олове (до 50 % сурьмы); *b* — мягкая эвтектика Pb + Sn (sb); *c* — включения почти чистого свинца. Шлиф травлен горячей серной кислотой.

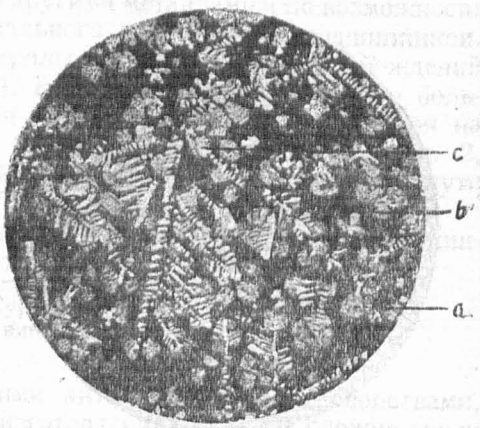


Рис. 12. Микроструктура лургиметалла.

a — твердые кристаллы, вероятно Pb_3Ba; *b* — более мягкие кристаллы эвтектики $Pb + Na_2Pb_5$; *c* — очень твердые кристаллы, вероятно Pb_3Ca. Шлиф не травлен, только окислен на воздухе.

ный сплав), содержащим 0,05% лития, что делает его более устойчивым против коррозии. Во всех вышеперечисленных сплавах технологи шли по пути увеличения прочности вкрапленных в свинцовом основании твердых компонентов, подыскивая новые твердые составляющие (как, например, Na_2Pb_5, Pb_3Ca).

«Bahnmetall» является наиболее типичным свинцовым баббитом, содержащим щелочные металлы:

Кальция	0,73%	Лития	0,04%
Натрия	0,58%	Свинца	остальное

Прочность на сжатие сплава равна 17,6—21 *кг/мм*². Твердость по Бринелю HB = 34.

Твёрдость, которая обусловлена большим содержанием твердых составляющих, сопровождается хорошей пластичностью. Цилиндрический образец «Банметалла» может быть сплющен на 28%, не давая трещин. Как уже было указано выше, свинцовые баббиты, содержащие щелочные металлы, склонны к коррозии. Их другим большим недостатком является сильное угорание щелочных металлов при переплавках, почему они нуждаются в особых мерах предосторожности при литье и плавке.

Изготовление их также значительно сложнее, чем изготовление оловянистых баббитов, и обычно производится электрометаллургическим путем — электролизом расплавленных солей щелочей и щелочных земель с применением расплавленного свинца в качестве катода.

Однако несмотря на все их недостатки свинцовые баббиты получают все большее применение ввиду их дешевизны и возможности обходиться без олова.

Другой принцип улучшения свинцовых баббитов состоит в повышении прочности свинцового основания добавлением присадок, образующих с ним твердый раствор. К таким сплавам относится предложенный опять-таки в Германии «Thermit», содержащий 72—78% свинца, легированного 0,7—1,5% никеля и 0,7—1,50% кадмия. Сплав этот обладает крепостью на сжатие 18 *кг/мм*² и твердостью HB = 29. Таким образом он приближается по прочности к оловянистым баббитам.

Несколько позднее появился сплав, известный у нас под названием «Бондрат» — свинцовый баббит с присадками мышьяка и кадмия. Он отличается очень хорошими антифрикционными свойствами и неплохо показал себя и у нас в Союзе на испытаниях на фордовской полуторатонке Горьковского автозавода им. Молотова.

Химический анализ германского баббита «Бондрат» показал следующий состав:

Олова	11,58%
Сурьмы	10,08%
Меди	1,60%
Мышьяка	1,05%
Кадмия	1,10%
Свинца	остальное

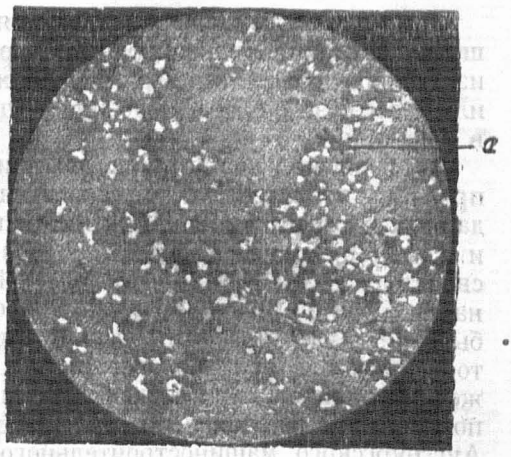


Рис. 13. Микроструктура гиттер-металла состава: 5% меди; 7—8% сурьмы; 0,14% углерода; остальное олово.

а — включения графита.

По оригинальному пути пошли К. Фридрих и В. Гюртлер, которые, базируясь на основном требовании Шарпи о неоднородности структуры антифрикционных сплавов, предложили изготовлять металл на свинцовой основе в качестве пластической составляющей, с порошковидным железом, сталью или чугуном в качестве твердых вкраплений.

Далее широко рекламировались антифрикционные металлы, полученные прессовкой порошков разных сплавов в горячем состоянии и при очень большом давлении — метод, предложенный впервые Шпрингом (W. Spring) и Мазингом (G. Masing). Этот метод имеет целью получить металл неоднородного строения, обладающий капиллярной пористостью, которая позволяет ему впитывать масло до 40% своего объема. Это масло должно служить смазкой в моменты недостаточной ее подачи. Отрицательной чертой подобных металлов является их малая прочность, особенно по отношению к ударным нагрузкам. Большого распространения они не получили.

Сплавом совершенно особого рода является так называемый «Graphit-Metall». «Графит-металл» — это бронза или обычно баббит, содержащий графит в мелкодисперсном состоянии. На рис. 13 представлена микроструктура баббита, содержащего около 7—8% сурьмы, 5% меди и некоторое количество графита, при увеличении в 100 раз. Тот же сплав известен еще под названием «Gitter-Metall» (гиттер-металл). Как известно, графит сам по себе обладает смазывающими свойствами. Примешанный к сплаву он должен абсорбировать смазывающее вещество и тем способствовать непрерывности масляной пленки. Поэтому графит-баббит или графит-бронза могут работать некоторое время без подачи смазывающего вещества, что является, конечно, значительным преимуществом.

Графит присаживается к расплавленному металлу под большим давлением. Полученный подобным образом сплав носит название «Graphalloy».

Другой метод состоит в спекании мелко измельченных окислов металлических составляющих сплава с графитом под высоким давлением. Графит восстанавливает окислы и остается в некотором количестве в сплаве. Подобным образом изготовляются сплавы «Genelite» и «Durex». Необходимо отметить, что на практике «Graphit-Metall» не везде оправдывает возлагавшиеся на него надежды. Большинство подобных металлов обладает пористостью и сравнительно хуже выдерживает ударные нагрузки, чем баббиты с равным содержанием олова. Это сильно сужает область их применения. Если учесть, что наилучшие сорта «Graphit-Metall» содержат до 83% олова, то экономическая целесообразность применения подобных сплавов становится весьма сомнительной.

Выше мы уже подчеркивали влияние экономики военного времени, заставившей ряд стран, стесненных в импорте олова, проделать громадную работу по изысканию новых антифрикционных сплавов с меньшим содержанием олова или вовсе без такового. Особенно крупные успехи в этой области были достигнуты в Германии.

Совершенно аналогичное действие оказала мировая война и на разрешение проблемы топлива для двигателей внутреннего сгорания. Из приведенных выше данных о регистрации новых автомашин в США мы видели, с какой быстротой и в каком объеме завоевал себе права гражданства автомобиль. Те же данные свидетельствуют о том, что грузовой автотранспорт получил свое полное признание именно в военное время. Экономичность работы бензинового мотора очень быстро стала вопросом первостепенной важности. Вполне понятно, что конструкторская мысль все чаще обращается в сторону двигателей, работающих на тяжелом топливе — двигателей Дизеля. Последние получили к тому времени свое полное конструктивное оформление в результате упорной, долголетней работы Аугсбургского машиностроительного завода и заводов Круппа. Вполне понятно также, что эта работа была в основном проделана в Германии, стране, наиболее стесненной в отношении жидкого топлива и ставшей благодаря этому колыбелью синтетического бензина, полученного гидрогенизацией каменного угля по способу Бергиуса.

Оживление конъюнктуры в послевоенное время благоприятно сказалось на молодой дизельной промышленности. Особенную остроту приобрела проблема дизеля в начале мирового кризиса в 1929 г., когда капиталистическая конкуренция приняла особо ожесточенные формы и когда проблема дешевизны в эксплоатации стала буквально вопросом жизни и смерти для мотора. В последние годы дизель-мотор далеко перешагнул предел своего первоначального применения, ограничивавшегося стационарными или судовыми моторными установками. Он становится все более признанным мотором тракторной, автомобильной и даже авиационной промышленности.

Проблема дизеля нас интересует постольку, поскольку она выдвинула вновь на передний план как серьезнейшую техническую проблему вопрос о подшипнике. Дизель в его современном виде как легкий и быстроходный мотор больших мощностей предъявляет колоссальные требования к материалу. Автомобильный, а тем более авиационный дизель, обладающий большим сжатием, высокими температурами рабочего процесса, колоссальной напряженностью всех его деталей, является тяжелым испытанием для подшипника. Такие нагрузки на подшипники, которые встречаются в современных дизелях, оказываются непосильными даже для лучших, высокооловянистых баббитов: баббитовые вкладыши очень быстро подвергаются растрескиванию и выкрашиванию.

В то время как в автомобилестроении дизель в своем победном шествии уже начинает выступать в качестве серьезного конкурента бензинового мотора, последний продолжает занимать бесспорно господствующее, почти монопольное, положение в авиации. Здесь развитие мотора в сторону форсирования мощности и уменьшения веса стимулируется той же политико-экономической конъюнктурой, которая дала такой мощный толчок дизелестроению, — мировым экономическим кризисом. Кризис, нанесший столь сокрушительный удар капиталистической экономике, вызвал лихорадочный рост вооружений. Капиталистический мир готовится к новой мировой бойне. В ней он видит единственный выход из бездны своих противоречий. Роль авиации в будущей войне не оставляет сомнений ни у кого, особенно если принять во внимание размеры современных воздушных армий. Уже во время мировой войны самолеты показали себя как одно из наиболее мощных боевых средств. После войны конструктивное совершенствование военной авиации и авиационного моторостроения идет в живейшем темпе под аккомпанимент многочисленных конференций по разоружению. В этом освещении приобретает особый интерес официальная статистика продукции авиационных

моторов в США, показанная нами на диаграмме рис. 14.

Подсчитав среднюю стоимость одного авиационного мотора, мы видим, что за годы кризиса она проявляет парадоксальную склонность к увеличению. Это свидетельствует о том, что военная авиация снабжается все более совершенными и более мощными моторами, повышающими ее боевые качества. Не отстает от нее и гражданская авиация, представляющая собой естественный резерв военной. Мы должны подчеркнуть, что взятая нами статистическая сводка является продуктом официальной буржуазной статистики, и мы ни в коей мере не можем ожидать от нее правильного освещения количественной стороны данной продукции. Но качественные показатели выражены достаточно ярко.

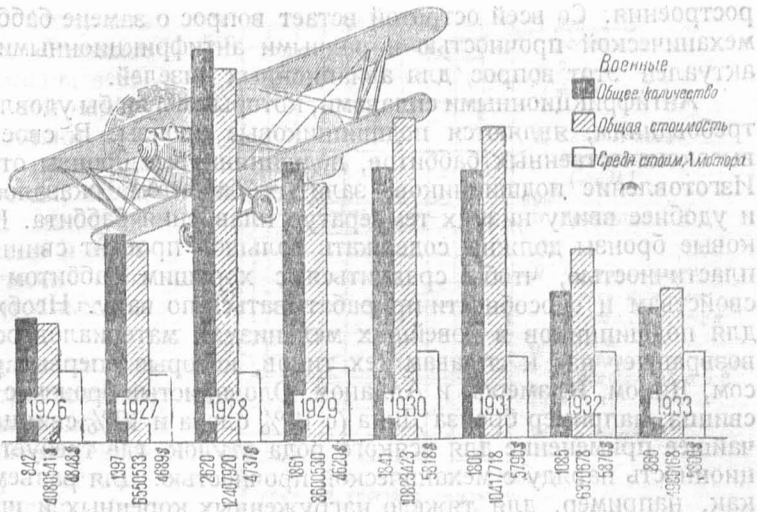


Рис. 14. Статистика производства военных авиамоторов в США (по Aircraft Jear book for 1934).

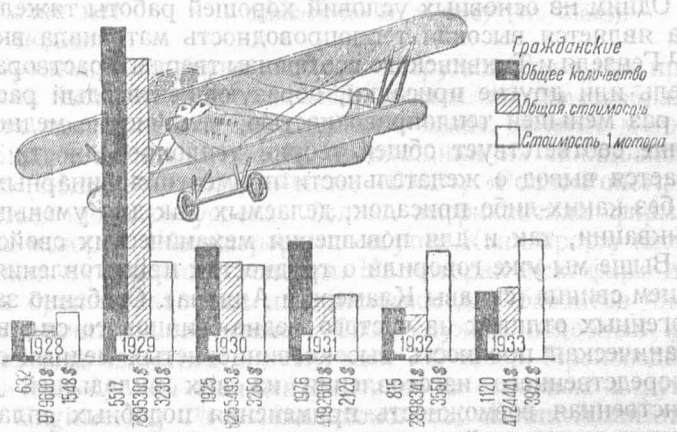


Рис. 14а. Статистика производства гражданских авиамоторов в США (по Aircraft Jear book for, 1934).

Повышение мощности авиационных — в данном случае бензиновых — моторов неразрывно связано с увеличением нагрузок, которые приходится выдерживать материалам. Особенно это сказывается на подшипниках. Приведем несколько цифр.

Если считать, что величина kv (произведение удельной нагрузки в $кг/см^2$ на окружную скорость цапфы в $м/сек$) дает в некоторой степени возможность сравнивать нагруженность подшипников в разных моторах, то предельная нагрузка на подшипник, которую до последнего времени не рекомендовалось превышать, равнялась 700—800 $кг/см^2сек$. В современных же моторах kv доходит до 1 000 и даже в отдельных случаях до 1 500 $кг/см^2сек$. Даже лучший баббит в таких условиях явно перегружен [1]. Тщательным подбором смазочного материала надлежащей вязкости и конструктивным обеспечением непрерывности смазки и правильного монтажа вкладыша можно несколько повысить допустимые для баббита нагрузки, но несмотря на это совершенно очевидно, что подшипник становится узким местом современного авиационного мотора. Баббит как антифрикционный металл уже не может удовлетворить требованиям авиационного мото-

[1] При этом необходимо оговорить, что величина kv сама по себе не является еще достаточным критерием для полной характеристики условий работы подшипника.

ростроения. Со всей остротой встает вопрос о замене баббита сплавом с большей механической прочностью и равными антифрикционными свойствами. Особенно актуален этот вопрос для авиационных дизелей.

Антифрикционными сплавами, которые могли бы удовлетворить поставленным требованиям, являются подшипниковые бронзы. В свое время, с появлением высококачественных баббитов, подшипниковые бронзы отошли на задний план. Изготовление подшипников, залитых баббитом, оказалось значительно проще и удобнее ввиду низких температур плавления баббита. Кроме того, подшипниковые бронзы должны содержать большой процент свинца и обладать высокой пластичностью, чтобы сравниться с хорошим баббитом по антифрикционным свойствам и способности прирабатываться по валу. Необходимость применения для подшипников в новейших механизмах материалов особой прочности вновь возвращает нас к сплавам тех типов, которые впервые разрабатывались Дьюсом, Диком, Кламером и Алланом. Оловянистые бронзы с большим содержанием свинца, например бронза Дика (с 10% олова и 10% свинца), имеют сейчас широчайшее применение для всякого рода втулок, где требуется хорошая антифрикционность наряду с механической прочностью. Для разъемных же подшипников, как, например, для тяжело нагруженных коренных и шатунных подшипников автомобильных и авиационных моторов, особенно дизелей, желательна бронза с большей пластичностью.

Одним из основных условий хорошей работы тяжело нагруженного подшипника является высокая теплопроводность материала вкладыша. Согласно работам [1] Гензеля и Тихвинского все бронзы твердого раствора, т. е. содержащие олово, никель или другие присадки, образующие твердый раствор с медью, обладают в 6 раз меньшей теплопроводностью, чем чистые медно-свинцовые сплавы. Это вполне соответствует общей теории теплопроводности сплавов. Отсюда напрашивается вывод о желательности применения бинарных медно-свинцовых сплавов без каких-либо присадок, делаемых как для уменьшения склонности свинца к ликвации, так и для повышения механических свойств сплава.

Выше мы уже говорили о трудностях приготовления бронз с высоким содержанием свинца (сплавы Кламера и Аллана). Особенно затруднительно получение гомогенных отливок из чистого медно-свинцового сплава, без всяких присадок. Механическая прочность высокосвинцовистых медных сплавов недостаточна для непосредственного изготовления из них вкладышей для тяжелых нагрузок. Единственная возможность применения подобных сплавов заключается в изготовлении вкладышей из стали с последующей заливкой медно-свинцовым сплавом, аналогично баббитовым подшипникам. На примере свинцовистой бронзы мы лишний раз наблюдаем, как в истории мировой техники выдвинутый однажды технический принцип забывается вовсе или теряет свою популярность, с тем чтобы через некоторый промежуток времени вновь выдвинуться на передний план в обновленном виде, используя новейшие достижения общего технического прогресса. Медно-свинцовые сплавы Аллана обладали хорошими антифрикционными свойствами, но применение их в двигателях внутреннего сгорания стало возможно только после классических исследований В. Клауса и других, на основе общего совершенствования технологии металлургических процессов, после долгой и упорной разработки метода заливки остальных вкладышей бронзой.

Теоретическим изучением бинарных сплавов меди со свинцом занимались Бриземейстер и В. Клаус [2]. Судя по разработанной им диаграмме состояния (см. рис. 15), наиболее удобными для литья являются сплавы с содержанием

[1] F. R. Hensel и L. M. Tichvinsky, Straight Copper-Lead Alloys Versus Leaded Solid-Solution Bronzes for Heavy-Duty Bearings. «Transactions of the A. S. M. E. Iron and Steel», т. 54, № 8, стр. 11—24, 1932.

[2] W. Claus, Zur Kenntnis des Systems Kupfer-Blei und verwandter, heterogener Systeme, «Ztschr. für Metallkunde», № 9, стр. 264—266, 1931; Briesemeister, Ztschr. für Metallkunde, № 8, стр. 225, 1931.

свинца не выше 35%. Получить гомогенные отливки с большим содержанием свинца — задача весьма трудная. Таким образом наиболее подходящим для заливки подшипников будет сплав примерно с 30% свинца и 70% меди, обладающий максимальной пластичностью, теплопроводностью и антифрикционными свойствами при удовлетворительных литейных качествах.

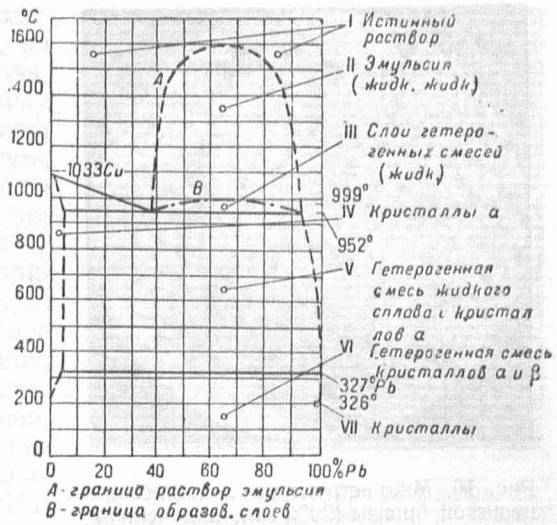


Рис. 15. Диаграмма состояния медно-свинцовых сплавов по В. Клаусу (W. Claus).

Примерно 3—4 года тому назад в авиационном моторостроении впервые с успехом стали применяться подшипники, залитые медно-свинцовыми сплавами, состава: 30% свинца + 70% меди. Эти сплавы получили не совсем правильное название «свинцовистых бронз», так как в них обычно нет примеси олова. Освоение подшипников из свинцовистой бронзы технически весьма затруднительно, но представляется на сегодняшний день безусловно необходимым по тем соображениям, на которых мы уже достаточно останавливались выше. Многие моторостроительные фирмы в Европе пытались ввести подшипники из свинцовистой бронзы на своих моторах («Испано-Сюиза», «Фиат», «БМВ», «Роллс-Ройс»), но пока еще не могли добиться полного успеха. Только американским фирмам, например фирме Райт (на моторах «Конкверор» и «Супер-Конкверор») (мотор «Циклон») удалось применить их с полным успехом. На моторах этих фирм подшипники из свинцовистой бронзы работают недостижимое для баббитов число часов без сколько-нибудь значительного износа. Срок службы подобных подшипников достигает в некоторых известных нам случаях 700 часов. Производство подшипников из свинцовистой бронзы сконцентрировано в основном в руках трех фирм: «The Allison Engineering C°» в Индианополисе, «Bohn, Aluminium and Brass C°» в Детройте и «Graphit Bronse C°» в Кливленде. Концентрация производства вкладышей в руках столь немногих фирм вызвана, наряду с общими причинами капиталистической концентрации, также и трудностями производственного процесса, который требует очень большого опыта, точной и тщательно контролируемой технологии, специальной аппаратуры и высококвалифицированного руководства. Означенные фирмы являются вообще специализированными заводами для выработки вкладышей всех типов, видов и размеров и снабжают ими почти всю автомобильную и авиационную промышленность Америки плюс значительный экспорт. Производительность каждого из этих заводов равняется нескольким миллионам подшипников в месяц.

Подшипники из свинцовистой бронзы находят себе применение не только в бензиновых авиационных моторах, но употребляются и в дизельном моторостроении и в последнее время в автомобильных моторах. «Линкольн» имеет подшипники из свинцовистой бронзы. В последнее время Форд точно так же перевел свою восьмицилиндровую стандартную машину на свинцовистую бронзу. Ввиду злободневности вопроса о свинцовистой бронзе как материале для заливки подшипников мы позволим себе остановиться на этой проблеме несколько подробнее, насколько это позволяют нам размеры и характер данной статьи.

Из теоретических трудов по изучению свинцовистых подшипниковых бронз, опубликованных за последние 2—3 года, помимо уже упомянутых нами, нужно

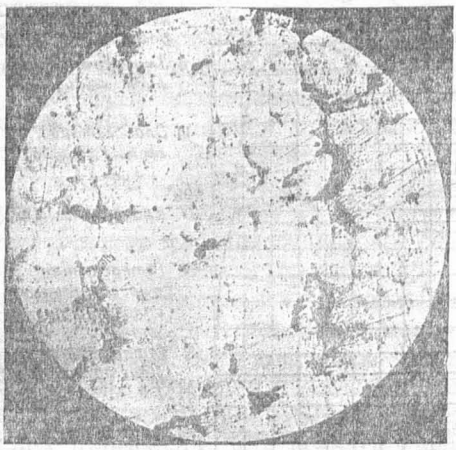


Рис. 16. Микроструктура литой свинцовистой бронзы (30% Pb), полученная при медленном охлаждении. Свинец ликвирован и распределен неравномерно. Шлиф не травлен.

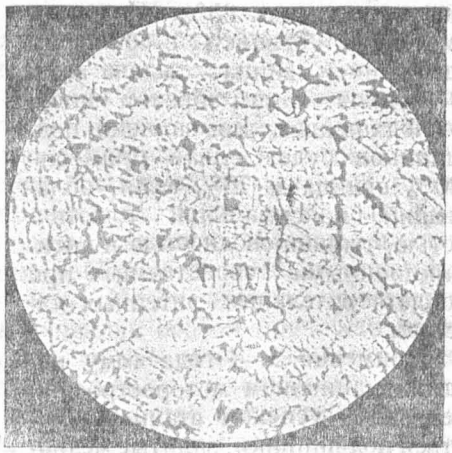


Рис. 17. Микроструктура литой свинцовистой бронзы (30% Pb), полученная при интенсивном охлаждении. Свинец распределен равномерно, не нарушая непрерывности сетки медных кристаллов. Шлиф не травлен. Увеличение × 100.

указать работу Н. К. Гершмана и Базиля, статьи Вернера Фрелиха и А. Мэрфи, исследование Гарольд Роста и др.

Необходимо отметить в то же время, что технология заливки свинцовистой бронзой засекречена производящими фирмами и в печати нет сколько-нибудь подробных сведений об этом методе.

Основным затруднением при изготовлении подшипников из свинцовистой бронзы является природа самого сплава. Как видно из диаграммы состояния, свинец и медь практически не растворимы друг в друге (растворимость свинца в меди равна 0,06%). В расплавленном состоянии мы имеем дело с раствором свинца и меди при температурах выше 1 100° С. При охлаждении сплава мы имеем дело уже с гетерогенной системой. Сначала при температуре в 1 083° С и ниже начинают выкристаллизовываться кристаллы почти чистой меди. Свинец при застывании сплава остается жидким до своей точки плавления, а именно до 327°, располагаясь между кристаллами меди и обнаруживая сильнейшую склонность к ликвации. В силу своего большего удельного веса он стремится осесть книзу. В то же время происходят явления сорбционного порядка — коагуляция свинца в более крупные частицы. Отсюда приходится сделать основные технологические выводы: для получения гомогенных отливок нужно давать сплаву настолько быстрое охлаждение в интервале опасных для ликвации температур, чтобы образование непрерывной решетки кристаллов меди произошло раньше, чем начнется заметная ликвация свинца. На рис. 16 и 17 изображены две типичные для свинцовистой бронзы структуры. Одна из них получена при медленном охлаждении и обнаруживает ликвировавший свинец; другая получена при интенсивном охлаждении и показывает дендритную ориентировку медных кристаллов, непрерывность их и мелкое, равномерное распределение свинца.

Особое внимание необходимо обращать на раскисление сплава, в особенности на раскисление меди до сплавления со свинцом ввиду большого удельного веса окислов свинца ($PbO = 9{,}41$; $Pb_2O_3 = 0{,}52$; $Pb_3O_4 = 9{,}2$). При удельном весе меди 8,93 окислы свинца плохо шлакуются и могут остаться в сплаве во взвешенном состоянии и тем нарушить сцепление кристаллов медной решетки и местами сильно понизить механическую прочность сплава, а это в свою очередь поведет к выкрашиванию вкладыша во время работы мотора. Раскисление бронзы обычно

ведется фосфором. Последний хотя и является весьма энергичным раскислителем, но сильно повышает жидкотекучесть сплава, чем способствует ликвации свинца. Ввиду этого в сплаве нельзя допустить избытка фосфора больше 0,1—0,2%. Температура литья, очевидно, должна быть около 1 100° С [1]. Многие авторы указывают, что температура литья от 1 050 до 1 200° С мало сказывается на механических свойствах сплава. Более высокая температура, затрудняя остывание отливки, естественно будет способствовать ликвации свинца. Гораздо большее влияние на качество металла оказывает скорость охлаждения.

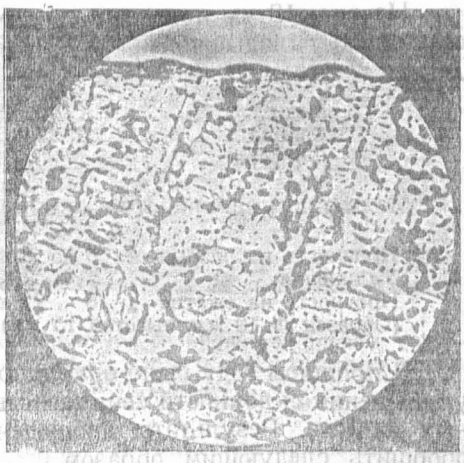


Рис. 18. Микроструктура вкладыша, залитого свинцовистой бронзой, американской фирмы «Allison» (30% Pb). Место спая бронзы со сталью. Кристаллы меди «растут» от стали к рабочей поверхности. Шлиф не травлен.

Подготовка стального вкладыша под заливку свинцовистой бронзой несравненно сложнее, чем под заливку баббитом. Баббит заливается при температурах, не превышающих 450°, причем стальная заготовка, тщательно вываренная в щелочи и протравленная кислотой, немедленно облуживается для защиты поверхности от окисления. Для заливки она подогревается до температуры не свыше 280° С. По заливке баббитом мы получаем спай по абсолютно чистой от окислов поверхности, чем и обеспечивается его надежность. Несоблюдение предписанных мер предосторожности приводит к отставанию баббита и выкрашиванию вкладыша во время работы на моторе.

Заливка стальных вкладышей свинцовистой бронзой ведется при температурах порядка 1 100°. Для получения спая бронзы со сталью нужно подогреть заготовку до температуры ее облуживания медью, т. е. около 1 060°. Основная трудность заключается в защите поверхности стали от окисления. Гензель и Тихвинский указывают несколько методов такой защиты: они предлагают подогревать стальную заготовку в восстановительной атмосфере в муфельных печах или вести подогрев вкладыша в ванне из расплавленной меди, где и будет происходить облуживание вкладыша, или же, наконец, подогревать вкладыш, защищая его от окисления специальной обмазкой (флюсом).

Для заливки вкладыш закладывается в сварную формочку из железа вроде кокиля или заливается центробежным способом. Применяется также заливка в графитовые кокили. Гензель и Тихвинский указывают, что ими получены удовлетворительные отливки центробежным способом. Они рекомендуют скорость вращения от 1 000 до 1 500 об/мин. После заливки необходимо резкое охлаждение струей воздуха или струей распыленной воды. Качество металла зависит от отсутствия окислов в сплаве, от тщательно подобранного и контролируемого с точностью ±5° температурного режима заливки, от отсутствия окисления поверхности стального вкладыша, от тщательности его очистки перед нагревом и быстрого охлаждения после заливки.

Бронза для обеспечения хороших антифрикционных свойств должна иметь столбчатую дендритную структуру с мелким, равномерным распределением свинца.

Американские фирмы указывают, что дендриты должны «расти» от плоскости спая бронзы со сталью к рабочей поверхности вкладыша.

---

[1] Рекомендуется t° литья порядка 1 060° С.

На рис. 18 мы приводим микрофотографию места спая свинцовистой бронзы со сталью вкладыша фирмы «Allison». Химический состав бронзы этого вкладыша:

Меди	66,54%	Примесей железа . . .	0,32%
Свинца	32,85%	Кремния	0,09%
Фосфора	0,022%		

Механические свойства свинцовистой бронзы типа 30 + 70 следующие:

Прочность на разрыв от 6 до 8 *кг/мм²*	Усадка при сжатии 30—40%
Удлинение „ 5 „ 7%	Твердость по Бринелю НВ = 28—32.
Прочность на сжатие „ 18 „ 22 *кг/м²*	
(Образец Ф 10 *мм*, высотой 15 *мм*)	

В прошлом году было опубликовано несколько работ, посвященных вопросу уменьшения склонности свинцовистых бронз к ликвации и улучшению их литейных качеств. Результаты наблюдений за литейными свойствами бронз можно обобщить следующим образом.

Распределение свинца в меди зависит главным образом от скорости охлаждения. Чем ниже температура литья, чем холоднее и теплопроводнее формы, т. е. чем скорее охлаждение, тем гомогеннее получаются отливки.

В песок удается отливать без ликвации бронзы с содержанием свинца меньше 35%.

В толстостенные кокили — сплав с 30%-ным содержанием свинца.

В кокили с добавочным охлаждением можно отливать 35%-ный сплав и получать безупречные отливки.

В холодные кокили отливать нельзя ввиду образования специфических отдулин и раковин на поверхности такой отливки.

Распределение свинца может быть улучшено некоторыми присадками, не влияющими на механические качества сплава. В частности, сера, на применении которой был в свое время основан метод Аллана, дает лучшее распределение свинца. Влияние серы, по мнению некоторых авторов, основано на том, что она понижает температуру перехода раствора свинца в меди в гетерогенную смесь при охлаждении сплава. Сера добавляется или в виде черенковой непосредственно к готовому металлу или же путем предварительного сплавления свинца с 1—1,5% свинцового блеска. Свинец этот употребляют затем для приготовления сплава. По исследованию Нашимура добавление серы в количестве 0,5% не оказывает никакого влияния на механические свойства бронзы.

Гершман и Базиль провели специальное исследование влияния небольших присадок марганца, кальция, бария, магния, алюминия, никеля, кремния, циркона, лития, титана и серы на распределение свинца [1].

Авторы пришли к выводу, что применение каждого из этих элементов: бария, кальция, циркона или серы в отдельности, хотя несколько и улучшает распределение свинца, однако недостаточно для получения безукоризненных структур при высоком содержании свинца в сплаве. Наилучшие результаты авторы получили, применяя в качестве присадки кремнецирконовый сплав с серой. Кремнецирконовый сплав содержит 55% циркона, 38% кремния, 5% железа и около 2% алюминия — это промышленный сплав, который был взят ввиду трудности получения чистого циркона.

Применяя 1,5% кремнецирконового сплава и 0,4% серы для присадки к 45%-ной свинцовистой бронзе, можно получить отливки с хорошим в смысле ликвации распределением свинца (рис. 19). Прочность этого сплава на сжатие должна соответствовать прочности бинарного медно-свинцового сплава, содержащего на 10% меньше свинца.

[1] H. K. Herschmann и I. L. Basil, Tin-free leaded bearing bronze, Bureau of Standarts Journal of Research, т. 10, May 1933.

Особому изучению следует подвергнуть вопрос о теплопроводности бронзы, содержащей кремнециркон, по сравнению с теплопроводностью бинарного сплава.

Некоторое улучшение распределения свинца дает применение соответствующих флюсов, например:

25% Na_2SO_4, 45% $CaSO_4$,
20% NaCl, 10% буры

или

40% буры, 20% $BaSO_4$.
40% NaCl,

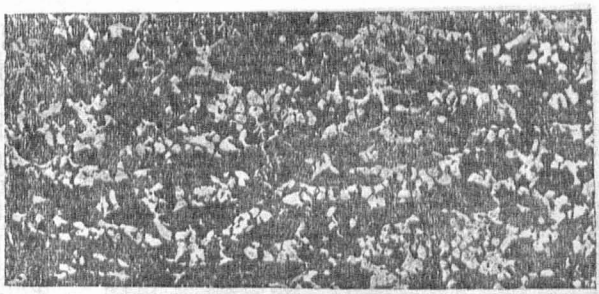


Рис. 19. Микроструктура свинцовистой бронзы, содержащей 45% Pb, 0,4% серы и 1,5% кремнецирконового сплава.

Применение гипса или сернокислого бария в качестве флюсов ведет к некоторому восстановлению их, так что в сплаве мы всегда обнаруживаем кальций или барий, чем и объясняется хорошее влияние этих флюсов на распределение свинца.

Применяя вкладыши из свинцовистой бронзы, чрезвычайно важно учитывать, что бронза значительно хуже прирабатывается по валу, чем баббит. Поэтому такие вкладыши нуждаются в особенно тщательном монтаже, особенно заботливой обработке поверхности. Плохая прирабатываемость объясняется меньшей пластичностью свинцовистой бронзы. Это вполне понятно, если учесть, что структура баббита состоит из мягкой и пластичной основной массы с вкрапленными в ней твердыми составляющими. Свинцовистая бронза, наоборот, состоит из твердой основной массы и мягких, пластичных вкраплений свинца. Отсюда вывод: поверхность вкладыша должна по возможности идеально соответствовать форме вала, т. е. быть абсолютно цилиндрической. В свою очередь шейка вала не должна иметь конусности и овализации. Пришабровка вкладыша недопустима, поскольку она оставляет неровную поверхность. Также недопустима обычная токарная обработка поверхности вкладыша, оставляющая глубокие риски от резца. В практике заграничных фирм начинает внедряться чистовая расточка вкладышей на специальных расточных станках вертикального типа, работающих с большой точностью на высоких скоростях и особо твердыми резцами при минимальных подачах (так называемое «Feinbohren»).

Подобный станок фирмы Краузе для чистовой расточки гильз цилиндров, втулок всякого рода и вкладышей изображен на рис. 20. Основные данные станка: число оборотов шпинделя в минуту максимально до 2 900 при диаметре отверстия до 35 *мм* и до 1 760 при диаметре отверстия до 90 *мм*.

Подача шпинделя устанавливается автоматически: быстрая до начала рабочего хода, медленная во время рабочего хода (до 0,01 *мм*) и снова быстрая для возврата шпинделя в исходное положение. Точность работы станка до 0,005 *мм*. Чистовая расточка комбинируется с хонингованием вкладышей. Для последнего применяются двухшпиндельные станки, производящие обе операции с одной установки изделия при помощи продвижения стола. Такое хонингование шатунных вкладышей применяют, например, фирмы «Форд» (для восьмицилиндровой модели) и «Плимут».

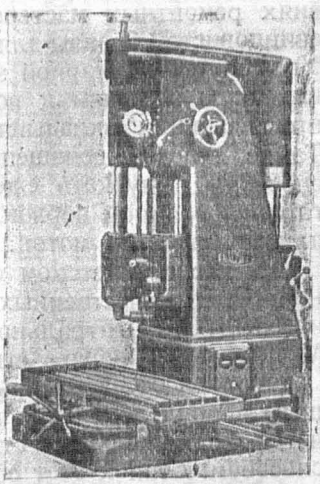


Рис. 20. Вертикальный станок для чистовой расточки (Feinbohren) фирмы «Краузе». Скорость: до 3 000 об/мин, подача до 0,01 *мм*.

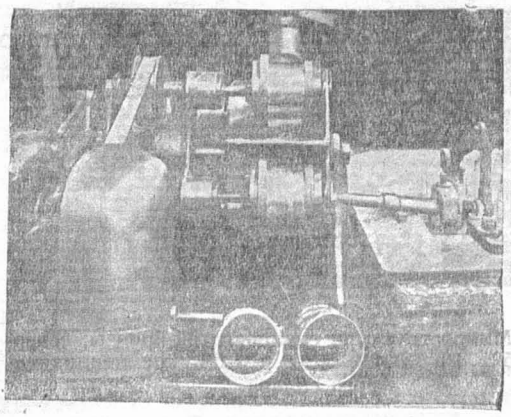


Рис. 21. Высокопроизводительный четырехшпиндельный центробежный станок для заливки подшипников баббитом. Производительность 100 подшипников в час. Толщина слоя заливки от 1,5 до 2,5 *мм*.

Другим методом обработки поверхности является броширование вкладышей, которое дает прекрасные результаты. Если при монтаже вкладыша обнаруживается необходимость слегка пришабрить, то шабровка ведется длинными, ровными штрихами и поверхность после этого тщательно очищается, заглаживается и заполировывается тончайшей крокусовой бумагой порядка четырех или шести нулей. По данным американских моторостроительных фирм вкладыши из свинцовистой бронзы ставятся с бо́льшими зазорами, чем баббитовые.

Отсутствие вышеуказанных мероприятий влечет за собой чрезмерные износы коленчатого вала.

Мы уделили столько места проблеме подшипников из свинцовистой бронзы по тем соображениям, что этот вопрос необычайно актуален и для Советского союза. Наш автотракторный парк растет темпами, неслыханными в мировой практике. При колоссальной территориальной протяженности нашей страны не меньшее значение имеет и авиация. Проблема современных мощных авиамоторов и экономических дизелей, а вместе с ними и проблема высокоустойчивого подшипника для особо тяжелых нагрузок являются для нас важнейшими техническими проблемами сегодняшнего дня. Положение усугубляется тем, что баббитовые подшипники требуют колоссального импорта олова, которое пока еще не добывается у нас в Союзе. Поэтому свинцовистая бронза, помимо всего прочего, является для нас средством избавиться от импортного сырья. Если мы еще учтем, какое количество тракторов у нас простаивает в самое горячее время сельскохозяйственных кампаний из-за неудовлетворительной заливки вкладышей в кустарных условиях ремонтных мастерских, то значение высококачественных вкладышей из свинцовистой бронзы для нашего хозяйства станет очевидным во всем его объеме. Упомянув о кустарной заливке вкладышей в условиях мелких мастерских, мы вплотную подошли к вопросу о преимуществах специализированных заводов, производящих вкладыши типа американских заводов «Allison» или «Bohn». Такие заводы, оснащенные высокосовершенным техническим оборудованием, способны выпускать ежемесячно миллионы разнообразнейших вкладышей при гарантированном первоклассном их качестве и в окончательно отделанном виде для монтажа на мотор.

У нас в Советском союзе наиболее обширные и успешные работы по освоению высококачественных вкладышей, залитых свинцовистой бронзой, были произведены в Центральном институте авиационного моторостроения (ЦИАМ Москва), где производство подобных вкладышей полностью освоено.

Говоря о современных проблемах подшипников, нельзя пройти мимо новейшего оборудования для их изготовления. На рис. 21 мы приводим фотографию четырехшпиндельного станка для заливки вкладышей баббитом центробежным способом. Станок этот обслуживается одним рабочим и обладает огромной производительностью в 100 подшипников в час.

Для массового производства стандартных подшипников американская техника разработала метод заливки баббитом калиброванной стальной ленты. После заливки эта лента особыми прессами разрезается на части, которые на тех же прессах выгибаются на вкладыши. Последние в дальнейшем подвергаются только

шлифовке торцов и брошировке под размер. Вся заливка производится по поточному принципу одной машиной, обслуживаемой двумя рабочими и достигающей колоссальной производительности в несколько миллионов подшипников в месяц. Схема такой машины изображена на рис. 22. Процесс заливки происходит следующим образом: стальная лента с рулонов проходит по валикам электропечи и прогревается до 138°. Затем она попадает в особую подогревающую ванну с температурой в 450°, где и происходит заливка баббитом. Сразу после заливки дается интенсивное охлаждение. В следующем разделе агрегата особыми фрезами снимается излишек баббита, который тут же идет обратно в печь.

Применение подобных агрегатов высшей производительности возможно лишь тогда, когда для этого существуют достаточные технические предпосылки: гигантские масштабы производства, стандартность вкладышей, учет современной технологии изготовления подшипников при конструировании моторов, предназначенных для массового производства. Мы имеем в виду применение исключительно вставных вкладышей, по возможности взаимозаменяемых по размерам, и отказ от заливки баббитом лож подшипников в картере или непосредственно шатунов, хотя как то, так и другое имеет свою заманчивость.

В заключение нашего обзора подшипников двигателей внутреннего сгорания мы приведем несколько спецификаций свинцовистых бронз и лучших авиационных баббитов, применяемых мировыми фирмами (см. табл. 6).

Огромный рост авиационной и автомобильной промышленности представляет яркий пример концентрации капитала в руках крупных объединений монополистического характера и концентрации производства на заводах-гигантах. Тенденция к концентрации производства, характерная для развития капиталистического общества на современном этапе, принесла с собой коренные изменения

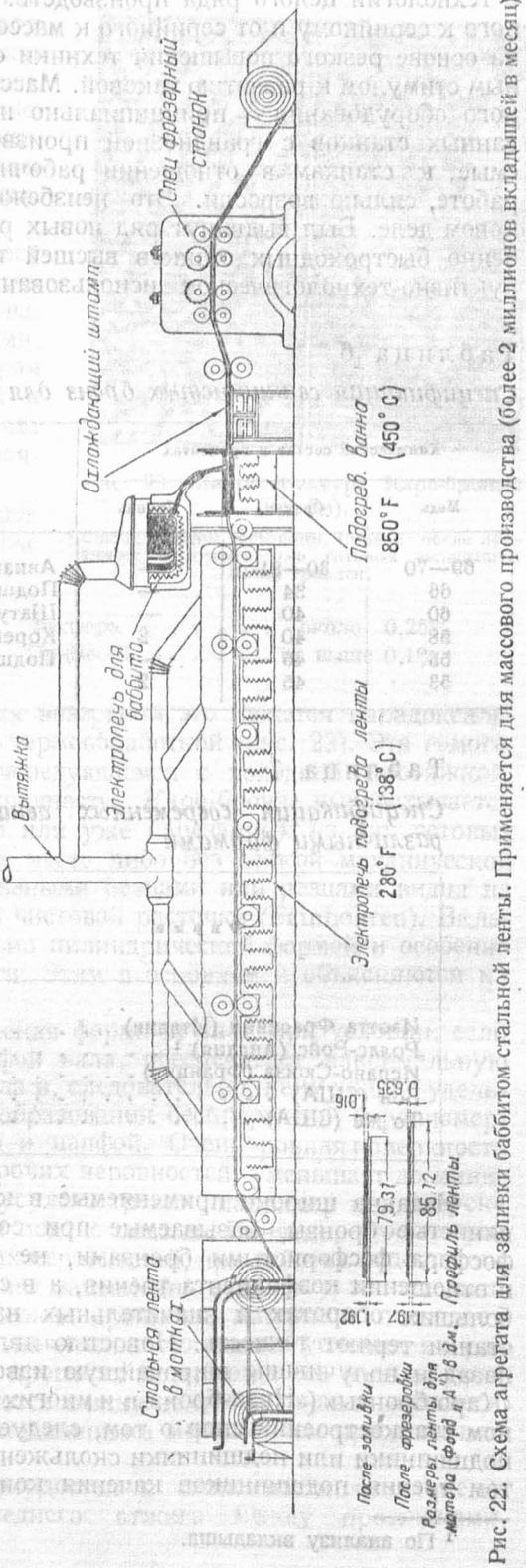


Рис. 22. Схема агрегата для заливки баббитом стальной ленты. Применяется для массового производства (более 2 миллионов вкладышей в месяц).

в технологии целого ряда производств. В самом деле, переход от индивидуального к серийному и от серийного к массовому производству был возможен только на основе резкого повышения техники общего машиностроения и являлся главным стимулом к развитию таковой. Массовое производство потребовало специального оборудования — принципиально новых, в высокой степени автоматизированных станков с грандиозной производительностью. Требования, предъявляемые к станкам в отношении рабочих скоростей, точности и надежности в работе, сильно возросли. Это неизбежно нашло свое отражение и в подшипниковом деле. Был выдвинут ряд новых решений проблемы подшипников для особенно быстроходных станков высшей точности, основанных на умелом конструктивно-технологическом использовании новых материалов.

Таблица 6

Спецификация свинцовистых бронз для заливки стальных вкладышей

Химический состав в процентах			Примечание
Медь	Свинец	Никель	
69—70	30—31	—	Авиационные подшипники.
66	34	—	Подшипники автомобильных моторов и дизелей.
60	40	—	Шатунные вкладыши автомобильных моторов.
58	40	2	Коренные подшипники автомобильных дизелей.
55	45	—	Подшипники автомобильных моторов и дизелей.
53	45	2	

Таблица 7

Спецификация современных авиационных баббитов, применяемых различными фирмами

Фирма	Химический состав в процентах		
	Медь	Сурьма	Олово
Изотта Фраскини (Италия)	2,5—3,5	7—9	остал.
Роллс-Ройс (Англия) [1]	3,64	8,82	87,54
Испано-Сюиза (Франция)	3 ± 1	11 ± 2	86 ± 3
Бон (США)	4,5 ± 1	4,5 ± 1	остал.
То же (США)	7,5 ± 1	7,5 ± 1	остал.

Издавна широко применяемые в качестве подшипникового материала оловянистые бронзы, называемые при содержании нескольких десятых процента фосфора фосфористыми бронзами, не удовлетворяют современным требованиям в отношении коэфициента трения, а в связи с этим и в отношении износов. При больших оборотах и значительных нагрузках подшипники изнашиваются и станки теряют точность. Новостью являются появившиеся несколько лет тому назад и получившие широчайшую известность подшипники из так называемой «Каро-бронзы» («Нида-бронзы» и многих других аналогичных марок). В современном станкостроении спор о том, следует ли применять шариковые и роликовые подшипники или подшипники скольжения, еще не решен. С меньшим коэфициентом трения подшипников качения конкурирует большая конструктивная про-

[1] По анализу вкладыша.

стота подшипников скольжения. Новые подшипники из Каро-бронзы дали возможность получить для подшипников скольжения такие коэфициенты трения, какие до сих пор были достижимы только в самых лучших подшипниках качения. Тем самым дано, повидимому, решающее преимущество подшипникам скольжения.

Что такое Каро-бронза?

Выносливость и сопротивление износу обычной медно-оловянной бронзы повышаются с увеличением содержания олова. Согласно с укоренившимися воззрениями, литая бронза имеет структуру, которая благодаря чередованию особо твердой и более мягкой составляющей определяет собой антифрикционные свойства и прочность вкладыша.

В противоположность этому Каро-бронза есть обычная оловянистая бронза следующего состава:

Меди	92%	Фосфора	около 0,25%
Олова	8%	Примесей	не выше 0,1%

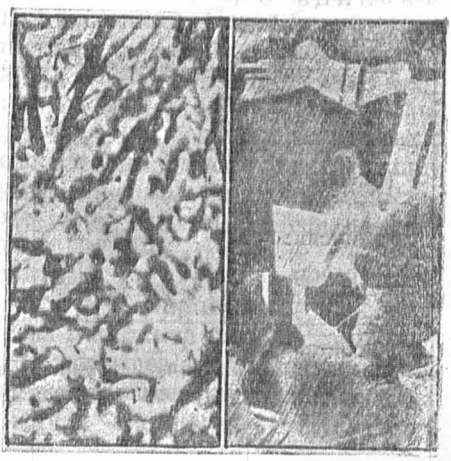


Рис. 23. Микроструктура Каро-бронзы (8% Sn).

Слева: в литом состоянии. Справа: после протяжки и отжига (на готовом вкладыше). Шлиф травлен.

Структура ее (на основании прежних воззрений это кажется парадоксальным) гомогенизирована соответствующей термообработкой (рис. 23). Эта гомогенизация структуры состоит в отжиге, чередующемся с холодной протяжкой, причем получается материал высшей прочности. Каро-бронза вырабатывается в виде очень точно калиброванных труб или уже нарезанных из них готовых втулок. Последние должны ставиться на место либо без всякой механической обработки, либо же после расточки алмазными резцами или резцами видиа на упоминавшихся нами станках для точной чистовой расточки (Feinbohren). Вкладыши из Каро-бронзы отличаются идеально цилиндрической формой и особенно тщательной отделкой рабочей поверхности. Этим в основном и объясняются их качества.

В самом деле, идеальная цилиндрическая форма втулки, при условии, если она работает с удовлетворительной цапфой вала, обеспечивает максимальную поверхность соприкосновения втулки и вала и, следовательно, наименьшие удельные давления и наилучшие условия для образования беспрерывной и равномерной масляной пленки между вкладышем и цапфой. Очень ровная поверхность втулки, без рисок и канавок от резца и прочих неровностей, уменьшает до минимума трение поверхностей в моменты полусухого трения, например при запуске машины или при временных задержках в подаче смазки. Понятно, что поверхность вкладыша, не имеющая значительных неровностей, при работе с недостаточным слоем смазки будет иметь меньше точек зацепления с валом и значительно меньшее трение и износ. Кроме того, высокая прочность материала позволяет делать очень короткие подшипники. Это значительно улучшает условия их работы, так как при всякого рода изгибах и прогибах вала, когда ось вала не полностью совпадает с осью подшипника (имеются в виду не самоустанавливающиеся подшипники), местные нагрузки на края подшипника меньше, чем при длинных вкладышах.

Каро-бронза выпускается разных твердостей в зависимости от степени протяжки материала и режима последнего отжига между протяжками (см. табл. 8).

Таблица 8

Каро-бронза

Сорт	Твердый	Нормальный	Отпущенный	Отожженный
Прочность в *кг/мм²*	65—75	40—50	40—50	35
Удлинение	3—2%	30—15%	30—15%	50%
Твердость по Бринелю	160—180	110—130	110—130	85
Характер работы	Для высших нагрузок, ударных нагрузок	Для высоких нагрузок и больших оборотов	Для высоких нагрузок и работы при повышенной температуре и малых зазорах	Для умеренных нагрузок и работы с незакаленными цапфами
Пример	Пальцы рессор, элеваторные цепи и др.	Для вагонных осей, шестеренчатых передач, электромоторов	Для втулок поршневых пальцев, втулок шпинделей станков и др.	Электромоторы Динамо, ротационные помпы

Надо отметить, что несмотря на широчайшее применение Каро-бронзы за границей, где она (и все ей подобные бронзы) показала себя первоклассным подшипниковым материалом, у нас в Союзе она почти неизвестна. Между тем техника нашего станко- и моторостроения настоятельно требует подобного материала. Мы имеем сведения о том, что хорошие подшипники из Каро-бронзы, особенно в паре с твердой цапфой вала (специально рекомендуется азотированная или цементированная сталь, высоколегированные стали работают значительно хуже), работают тысячи часов без признаков износа, при условии алмазной расточки втулки и безукоризненной полировки цапфы. Мы считаем проблему Каро-бронзы актуальнейшим вопросом для нашего машино- и моторостроения. Этот вопрос нуждается в серьезнейшей постановке и ближайшем разрешении.

Мы подробно останавливались на подшипниках, предназначенных для особо большого количества оборотов при средних нагрузках.

За последние годы, в связи с развитием и техническим перевооружением металлургии, у нас в Союзе остро встал вопрос о подшипниках для прокатных станов, которым, как известно, приходится работать в условиях колоссальных нагрузок, медленных скоростей и повышенных температур от разогрева прокатных валков.

Подшипники прокатных станов изготовлялись до настоящего времени из подшипниковой оловянистой бронзы высокой механической прочности.

В последние годы шло интенсивное развитие промышленности пластических масс. Всестороннее изучение этого нового материала показало, что он в некоторых случаях прекрасно работает на подшипниках, в частности на подшипниках прокатных станов. Подшипники из пластмасс могут нам напомнить первые шаги техники в области вкладышей. В средние века и в древности вкладыши делались из дерева, обтянутого парусиной или кожей. Таким образом в полном соответствии со всеобщим диалектическим законом развития мы возвратились опять к аналогичному материалу, но на более совершенной технической основе.

Испытание подшипников из пластических масс было произведено у нас в Союзе на заводе «Серп и молот», где после замены импортной бронзы нашей срок службы вкладышей сократился до максимум 10 смен вместо 70—75 смен при

импортной бронзе. Подшипники, сделанные из текстолита [1], простояли на тех же станах от 81 до 108 смен, оставаясь в хорошем состоянии. Перед бронзовыми вкладышами текстолитовые имеют преимущество как большей дешевизны, так и более продолжительного срока службы. Для наших же условий всякая даже мелкая экономия в расходе остродефицитных материалов—меди и олова—имеет очень серьезное экономическое значение. Вопрос о текстолите или вообще пластических массах как материале для подшипников еще недостаточно систематически и широко исследован. Необходимость подробного изучения и самого широкого испытания всякого рода подшипников из пластических масс на практике очевидна и не нуждается в особых доказательствах. С точки зрения развития техники чрезвычайно интересен тот факт, что на прокатных станах прекрасно зарекомендовали себя просто деревянные подшипники в металлических кассетах. Вкладыши делаются из специальных сортов дерева (например бакаут) таким образом, что волокно идет перпендикулярно поверхности вала. Подшипниковый материал, известный человечеству еще в глубочайшей древности, зарекомендовал себя наилучшим образом, подвергшись современной технической обработке в таком сложнейшем агрегате, как блюминг.

В заключение нашего обзора проблемы современных подшипниковых материалов остается кратко подытожить те основные вопросы, которые представляют наиболее актуальный интерес для нашей промышленности.

Недостаток олова заставляет нас искать дешевой и хорошей замены оловянистых баббитов свинцовистыми, в частности кальциевыми или мышьяково-кадмиевыми типа «Бондрат». На сплавах этого рода мы подробно останавливались выше. У нас в Союзе они с каждым годом находят все большее применение как в промышленности, так и на транспорте.

Для особенно высококачественных подшипников единственным материалом, способным заменить хороший оловянистый баббит, является свинцовистая бронза. Мы уже останавливались на этом вопросе и особенно подчеркиваем, что проблема свинцовистой бронзы имеет серьезнейшее значение для нашей автотракторной и авиационной индустрии. Без разрешения этой проблемы подшипник может стать узким местом в развитии нашего зарождающегося дизелестроения. Перескочить через это узкое место или обойти его мы не сумеем.

В связи с изложенным мы считаем вполне назревшим вопрос об организации специализированного завода для массового производства вкладышей на основе наиболее совершенной техники. Строительство новых автотракторных гигантов и расширение старых делает постановку этого вопроса более чем своевременной. Далее мы безусловно заинтересованы во всестороннем изучении вопроса о подшипниках из пластмасс, имея в виду удачные опыты их применения на прокатных станах. Весьма вероятно, что область применения таких подшипников можно будет расширить, имея в виду хорошие перспективы для производства пластмасс у нас в Союзе.

И, наконец, организация на одном из наших заводов производства точно калиброванных труб из Каро-бронзы для высококачественных вкладышей является проблемой которая, в процессе создания новой, социалистической техники потребует своего разрешения в ближайшем будущем.

---

[1] Текстолит—прессованная ткань, пропитанная смолой на феноловой основе—бакелитом—и прогретая до температуры выше точки перехода бакелита в стадию С, т. е. в стадию, больше ни в чем не растворимую.

Литература

W. M. Corse, Bearing Metals and Bearings.
Czochralsky-Welter, Lagermetalle und ihre technologische Bewertung, Berlin 1924.
C. B. Dudley, Bearing Metall Alloys, «Journ. Franklin Inst.», 1892.
Heinrich Hertz, Gesammelte Werke, т. I. Ueber die Berührung fester, elastischer Körper und über die Härte.
S. Boussinesque, «Comptes Rendus», m. CXIV, стр. 1510. Application des potentials a l'equilibre et du mouvement des solides elastiques, Paris 1885.
Prof. Stribeck, New Babelsberg, VDI, 1901, стр. 73.
Prof. A. Feppl, Vorlesungen über technische Mechanik, т. V.
F. R. Hensel & L. M. Tichvinsky, Straight Copper-Lead Alloys Versus.
Leaded, Solid-Solution Bronses for Heavy-Duty Bearings, «Transactions of the A. S. M. E. Iron and Steel», т. 54, № 8, стр. 11—24, 1932.
W. Claus, Zur Kenntnis des Systems Kupfer-Blei und verwandter, heterogener Systeme, «Ztschr. für Metallkunde», Sept., Heft 9, стр. 264—266, 1931.
H. K. Herschmann & I. L. Basil, Tin-free leaded bearing bronze, Bureau of Standards, Journal of Research, т. 10, May 1933.
W. Fröhilch, Chemiker Zeitung, № 75, 1933.
A. I. Murphy, Recent Developments in Bearing Metals, «The Metal Industry», т. XLII, № 22, 1933.
Harold Roast, A Practical Foundry Test on the Effect of Phosphorus, Aluminium and Silicon on Leaded Bronze, «Metal Industry», 14/VII 1934.
Отчет о заграничной командировке на заводы «Бон Алюминиум энд Брасс Ко», «Графайт Бронз Ко», «Форд» и др. инженера А. А. Омельяновича.
«Технология цветных металлов» под ред. Деречей.
Проф. Зайцев, Типовые баббиты и баббитные сплавы.
Инж. Вольский и Язынин, Баббиты и заливка подшипников.
Инж. Трейер, Теория и расчет подшипников качения, 1934.
A. Ledebur, Die Legierungen.

А. РАВДЕЛЬ
В. БУКШТЕЙН

Развитие производства жидкого топлива из каменного угля

I. Общие предпосылки

Промышленное развитие в эпоху империализма ознаменовалось быстрым ростом механизации различных областей народного хозяйства, в особенности транспорта, что в свою очередь обусловило громадный рост потребления разных видов жидкого горючего. Особенно же возросло потребление этих видов топлива с развитием авиации во всех передовых промышленных странах.

В моторостроении последний этап развития характеризуется созданием новых конструкций двигателей, работающих на жидком моторном топливе, а также переходом морского флота и многих железных дорог на нефтяные топки. В то же время некоторые крупные отрасли промышленности также развиваются по пути вытеснения каменного угля одновременно с колоссальным ростом потребления жидкого топлива. Между тем ряд крупнейших капиталистических стран, в том числе Германия, Англия, Франция, Япония, Италия и др., будучи крупнейшими в мире потребителями жидкого горючего, либо совершенно лишены собственных источников нефти, либо почти не имеют их и поэтому вынуждены ввозить извне в больших количествах этот главнейший вид жидкого топлива.

В частности, Германия вынуждена удовлетворять свою огромную потребность в жидком горючем почти на $^2/_3$ за счет импорта, а Англия и того более — до 87%.

Наряду с огромным ростом потребления жидкого топлива и увеличением его производства основная топливная база большинства перечисленных стран — каменноугольная промышленность — находится в последнее время в состоянии постоянной депрессии и со времени окончания войны все чаще впадает в полосу жесточайшего кризиса.

Таблица 1

Средняя месячная добыча угля (в миллионах тонн)

Страны	Годы				
	1913	1929	1930	1931	1932
Великобритания . . .	24,3	21,8	20,6	18,6	17,2
Германия	15,8[1]	13,6	11,9	9,8	8,5
Франция	3,3[1]	4,4	4,5	4,1	3,8
Япония	1,7	2,8	2,6	2,1	2,1

Перманентное состояние депрессии переживает в первую очередь мощная каменноугольная промышленность Англии и Германии. Это наглядно показывают приведенные данные в табл. 1.

Как видно из приведенной таблицы, добыча угля в Англии в 1932 г. упала ниже довоенного уровня и фактически докатилась до уровня 1898 г.

[1] В границах до империалистической войны.

Основными факторами, обусловившими столь значительное падение добычи каменного угля и приведшими к такому сильному сокращению продукции, являются:

1) Разрушительное действие войны и порожденных ею экономических последствий, в первую очередь мирового экономического кризиса последних лет.

2) Развитие потребления жидкого горючего и вытеснение им каменного угля.

3) Значительная экономия топлива, связанная с сокращением расхода энергии на производство железа и стали и на процессы карбонизации.

В свете указанных факторов послевоенного развития капиталистических стран, в особенности второго из них, проблема изыскания новых видов жидкого топлива, могущих заменить нефть, становится весьма актуальной, а в связи с этим представляет особый интерес вопрос конкуренции нефти и угля.

Таблица 2

Виды энергии	Годы	
	1913	1930
Нефть	5,5%	16%
Уголь	87,2%	69,4%
Гидроэнергия .	5,1%	5,8%

Последние два десятилетия внесли коренные изменения в баланс потребления топлива во всем мире, что видно из приводимого ниже сопоставления данных за 1913 и 1930 гг. (табл. 2).

Таким образом жидкое топливо за последний период времени получает значительно больший удельный вес в общем балансе потребления.

Уже незадолго до войны большинство морских ведомств капиталистических стран пришло к решению о замене каменного угля в морском флоте жидким горючим. Вслед за адмиралтействами по этому же пути пошли и частные пароходные компании.

Это обстоятельство внесло коренные изменения в соотношения нефти и угля в общем балансе потребления топлива морским флотом, что видно из приводимых данных Ллойд-Регистра (табл 3).

Таблица 3

Суда	Годы		
	1914	1922	1933
С угольными топками	88,8%	70,6%	53,6%
С нефтяными топками	3,1%	24,7%	44,5%
Парусные . . .	8,1%	4,7%	1,9%

В дополнение к сообщенным данным следует еще указать, что тоннаж коммерческого флота, потребляющего нефть, возрос в абсолютных цифрах с 1300 тыс. *m* в 1914 г. до 28 млн. *m* в 1930 г., что составляет 42% общего мирового тоннажа.

В 1930 г. общее водоизмещение спущенных на воду судов составляло 2 889 тыс. *m*, из коих только 700 тыс. *m* падает на суда, приспособленные для сжигания каменного угля.

Помимо указанного основного фактора — роста потребления нефти в морском флоте — нефть стала вытеснять уголь в центральном отоплении и в железнодорожном транспорте, где в связи с переходом железных дорог на дизеля потребление нефти непрерывно возрастает.

Все эти факторы, характеризующие коллосальный рост потребления жидкого топлива, наряду с отсутствием внутренних нефтяных ресурсов у большинства крупнейших капиталистических стран, привели правительства многих из этих стран в интересах укрепления своей военной базы к необходимости поощрения новых изысканий в области получения искусственного жидкого топлива.

Эти изыскания направлены в первую чередь на процессы переработки угля, поскольку этот путь, кроме обеспечения жидким топливом, может повлиять на

оживление каменноугольной промышленности и привести к некоторому восстановлению конкурентоспособности угля, хотя бы через переработку его.

В процессе химической переработки главная составная часть угля — углерод — служит основой для многочисленных соединений.

Главнейшие способы химической переработки и использования углей сводятся к их перегонке или к нагреванию без доступа воздуха при разных температурах. В процессе нагревания угля при высокой температуре, свыше 700°, после улетучивания легких составных частей угля остается богатое углеродом вещество — кокс, играющий огромную роль в металлургии. Но наряду с коксом при этом получается ряд побочных продуктов, ранее считавшихся «отбросами», а ныне используемых как исходные продукты для получения новых весьма ценных продуктов: красок, удобрений, взрывчатых материалов, пластических масс, фармацевтических, ароматических и вкусовых веществ и т. д.

Германия еще до войны обладала огромным количеством коксовых печей рекуперационного типа, что дало ей возможность в максимальной мере развить использование побочных продуктов для создания мощной органической промышленности. В Америке же и в Англии получили большое распространение коксовые печи ульевого типа, что не давало возможности организовать широкое использование побочных продуктов.

Особенно большие возможности химической переработки углей открылись с момента развития сухой перегонки угля при низкой температуре (350—500°). Сухая перегонка дает ряд химических продуктов, которые невозможно получить при обычном металлургическом коксовании. В то же время получаемый при этом полукокс служит великолепным бездымным топливом.

Наряду с развитием указанных выше производств органической химической промышленности успехи новой техники высоких давлений, а также развитие применения высоких температур и катализаторов способствовали разрешению проблемы производства жидкого топлива из каменного угля.

Развитие техники высоких давлений и катализаторов в свою очередь было обусловлено потребностями растущей промышленности синтетического аммиака.

Что̀ касается техники высоких давлений, то начало ее развития следует отнести к 1901—1903 гг., т. е. к началу и осуществлению первых опытов по синтезу аммиака из элементов под высоким давлением. Из числа этих опытов следует указать на успешное получение синтетического аммиака Габером в Карлсруэ в 1904 г. [1] и на опыты Клода во Франции для выделения водорода из водяного газа под высоким давлением с целью получения того же синтетического аммиака. К этим опытам Клод приступил начиная примерно с 1903 г.

Эти первые опыты хотя уже и тогда дали вполне удовлетворительные результаты в смысле достигнутой равномерности и производительности процесса, но оставалась еще нерешенной задача получения чистого водорода без содержания окиси углерода. Для решения этой задачи потребовалось еще довольно много времени.

Так, первая полузаводская установка синтеза аммиака по патенту Габера и Боша (1909 г.) была сооружена в Людвигсгафене лишь в 1912 г. с выработкой в день 1 *т* аммиака, а Клод еще в 1913 г. в своем докладе Французской академии наук сообщил о том, что в процессе проведенных опытов им получен 94%-ный водород с остатком 4% азота и 2% окиси углерода. В марте 1914 г. Клод принимает задание военного министерства по сооружению в Сен-Мюре завода для выработки 97%-ного водорода с производительностью в 150 *м*³/*час*. Война прервала строительство этого завода, и лишь в 1920 г. Клод вновь возобновляет свои опыты получения синтетического аммиака по методу высокого давления, внося целый ряд изменений и реконструируя ранее предложенную аппаратуру.

[1] Следует отметить, что приоритет Габера в деле синтеза под давлением оспаривал ле-Шателье, который еще в 1901 г. заявил патент за № 313950 на синтез под давлением 100 *ат* с применением катализатора.

Проведение процессов с применением высоких давлений стимулировало изыскание новых материалов для аппаратуры. Этот актуальный вопрос был разрешен металлургией путем овладения производством новых сплавов с хромом, никелем и вольфрамом.

Наряду с успехами техники высоких давлений начало XX в. ознаменовалось важными открытиями в области каталитических реакций, которые сразу привлекли к себе внимание промышленных и технических кругов в связи с быстро растущими новыми потребностями развития синтетических производств.

Новые открытия в области катализа, сделанные почти одновременно (в 1901 г.) и независимо друг от друга В. Ипатьевым в России и Сабатье и Сандереном во Франции, вооружили науку такими эффективными методами, которые в последнее время произвели переворот в химической технологии как органических, так и минеральных веществ.

Многие каталитические реакции были известны и прежде, но лишь в самый последний период нашли широкое применение (синтез аммиака, окисление аммиака в азотную кислоту и т. д.).

В связи с развитием техники катализа многие старые методы производства быстро утратили свое значение и были коренным образом изменены в сторону наиболее эффективного применения каталитических реакций. Война 1914—1918 гг. дала мощный толчок развитию катализа в химической индустрии, особенно в Германии. Отрезанная от внешних рынков и вынужденная строить свою военную промышленность лишь на базе внутренних ресурсов, Германия, применяя новейшие каталитические методы, сумела наладить в крупном масштабе производство аммиака, серной и азотной кислоты и других продуктов.

Дальнейший послевоенный период ознаменовался новыми крупными достижениями в области применения новейших каталитических реакций.

В частности и процессы гидрирования также обязаны своим развитием последним достижениям в области каталитических реакций, поскольку они тесно связаны с общими проблемами катализа.

В истории развития катализа большую роль сыграла так называемая теория промежуточных соединений, разработанная наиболее полно французским ученым Сабатье применительно к производившимся им исследованиям в области гидрирования [1].

Широкое применение гидрирования в промышленности начинается с 1897 г., после того, как Сабатье и Сандерен разработали метод гидрирования органических соединений в парообразном состоянии в присутствии мелкораздробленных металлов, главным образом никеля.

В процессе дальнейших новых исследований гидрирование стали вести уже не в парообразном состоянии, а в жидкой фазе. Это изменение особенно важно для тех тел, которые подвергаются разложению при переходе в парообразное состояние.

Таким образом к моменту широкого распространения применения жидкого моторного топлива в различных областях и одновременного роста автаркических устремлений ряда капиталистических стран, лишенных собственных нефтяных ресурсов, новая проблема имела уже достаточно надежную техническую базу. Эта база была подготовлена в основном успехами промышленности синтетического азота, с одной стороны, и развитием процессов использования побочных продуктов коксования — с другой.

---

[1] Сабатье считал, что на поверхности катализирующего металла при взаимодействии с водородом образуются малоустойчивые, но поддающиеся стахометрическому учету соединения, которые способны отдавать свой водород ненасыщенным или содержащим кислород веществам в активной форме. Таким образом каталитическая активность по Сабатье зависит от двух важных моментов: от способности данного металла образовать с водородом гидриды и от степени устойчивости последних, т. е. от большей или меньшей степени легкости отдачи ими атомного водорода. Впоследствии выяснилась ошибочность этой теории.

В дальнейшем изложении освещается более подробно ряд технических проблем, непосредственно связанных с тем или иным методом получения искусственного жидкого топлива из каменного угля.

В связи с возрастающей ролью этой новой отрасли производства жидкого топлива, в науке и технике отражены разнообразные пути разрешения этой проблемы. В дальнейшем изложении мы останавливаемся на наиболее важных процессах получения искусственного жидкого топлива, поскольку они представляют промышленный интерес.

II. Основные пути производства синтетического жидкого топлива и история их развития

Методы получения жидкого топлива основаны на термической обработке твердого топлива как такового или в сопровождении процесса гидрирования. Несколько особняком стоит процесс получения жидкого топлива из водяного газа.

Проф. Н. М. Караваев [1] при рассмотрении этих процессов и возможностей их осуществления располагает их в порядке постепенного усложнения процесса.

Схема переработки в этих процессах представляется в следующем виде:

1) Термическая обработка угля при сравнительно низких температурах (полукоксование). Она заключается в том, что уголь подвергается нагреванию до 500—600° С. Нагревание можно производить или снаружи стенок камеры или же путем пропускания нагретых инертных газов сквозь всю массу угля. Нагревание угля сопровождается распадом, в результате чего получаются три продукта: газ, жидкость и твердый остаток. Жидкая часть в свою очередь разделяется на водяную часть и деготь или смолу. Последняя и является источником жидкого горючего.

2) Термическая обработка при высоких температурах (коксование). Этот метод получил очень широкое распространение в производстве кокса. Попутно здесь получается также каменноугольный деготь, который можно превратить в жидкое горючее.

3) Газификация топлива, соединенная с термической обработкой. Этот способ относится к первому, с той только разницей, что газы, необходимые для нагревания твердого топлива, получаются в том же аппарате, в котором производится и термическая обработка.

4) Гидрирование (часто называемое бергинизацией). Этот способ представляет наибольший интерес. Он заключается в присоединении водорода к углю и в последующем расщеплении или крекинге полученных продуктов в присутствии водорода, в результате чего получается легкое моторное топливо. Этот способ требует применения катализаторов, высокого давления и большего или меньшего количества водорода в зависимости от исходного сырья.

5) Синтез моторного топлива из газов. Этот способ пока еще не осуществлен в промышленном масштабе. Он основан на получении водяного газа из любого твердого горючего с последующим превращением смеси водяного газа и водорода в углеводороды или другие виды горючего при условии применения катализаторов и наличия определенных термических условий. Наибольший интерес этого способа заключается в возможности его осуществления при любом твердом топливе. Наряду с водяным газом здесь могут быть применены в качестве исходного продукта этилен, ацетилен и другие непредельные углеводороды. Следует указать еще на метод, основанный на превращении метана в ацетилен или другие непредельные углеводороды, которые можно превратить в моторное топливо.

Из всех перечисленных способов получения искусственного жидкого топлива некоторые из них, как-то: газификация топлива, соединенная с термической обработкой, синтез моторного топлива из газов и, наконец, превращение метана в

[1] «Американская техника», № 2, 1934.

ацетилен или другие непредельные углеводороды с последующим превращением их в моторное топливо находятся пока в стадии лабораторных и полузаводских исследований; мы не даем их описания в нашем кратком обзоре, а останавливаемся лишь на методах, осуществленных в промышленном масштабе [1].

[1] В последних номерах иностранных журналов (Chimie et Industrie, v. 33, № 1, 1935 и Chemie d. Met. Eng., февраль 1935) появилось сообщение о том, что построенная фирмой «Рурхеми А. Г.» в Обергаузене (Германия) большая опытная установка (1 000 *т/год*) для производства жидкого топлива по методу Фишера, т. е. из окиси углерода и водяного газа, пущена и дала благоприятные результаты. Фирма предполагает построить мощный завод для эксплоатации метода Фишера. Кроме того, фирма «Рурхеми А. Г.» выдала лицензию на использование процесса Фишера фирме «Гезельшафт Виктор-Штикштоффверке», в которую входят также фирмы «Клокнер» и «Винтерсхалль». Эти последние в настоящее время строят установку для производства 25 000 *т* бензина ежегодно по указанному методу. Ввиду всего этого мы считаем необходимым вкратце изложить здесь существо метода Фишера. В случае если дальнейшая работа этим методом на опытной установке себя оправдает, то преимущества его перед методом Бергиуса очевидны.

Желание найти дешевый реагент побудило Франца Фишера и Г. Шрадера обратиться к изучению действия на уголь окиси углерода в присутствии воды. Гидрирующее действие окиси углерода объясняется тем, что равновесие в процессе, выражаемом уравнением:

$$CO + H_2O \rightleftarrows CO_2 + H_2,$$

сильно сдвигается вправо при температурах, лежащих ниже 500°.

Сравнительное изучение гидрирующего действия водорода и окиси углерода позволило установить, что окись углерода при совершенно одинаковых условиях дает больший выход растворимых в эфире веществ, чем водород. Результаты изучения гидрирования рейнского бурого угля (Unionbriketts) окисью углерода и водорода при различных давлениях и температурах приведены в следующей таблице:

Газ	Начальное давление газа при компактной температуре в *ат*	Температура опыта	Количество прибавленной воды в *см*³	Органическое вещество исходного угля	Растворимый в эфире продукт реакции в % органич. вещества углем	Нерастворимый в эфире остаток в % взятого сухого угля	Образовавшиеся CO_2 в *л*
CO	140	400°	20	15,82	29,7	37,63	7,02
CO	90	400°	20	15,82	25,0	43,61	4,33
CO	50	400°	20	15,82	22,2	44,62	2,66
H_2	90	400°	20	15,82	21,8	40,14	1,82
H_2	50	400°	20	15,82	17,4	44,98	1,48
H_2	100	350°	20	15,82	13,0	58,00	1,47
CO	100	350°	20	15,82	25,7	47,0	3,52
H_2	100	400°	20	15,82	21,8	40,1	1,82
C_2H	100	400°	20	15,82	25,0	43,6	4,33
	100	450°	20	15,82	25,6	34,2	1,70

Из таблицы видно, что во всех случаях при гидрировании бурого угля окисью углерода выхода растворимых в эфире веществ выше выходов, получаемых при гидрировании водородом в условиях Бергиуса. Объяснение этому мы склонны искать в том, что водород, образующийся в результате приведенной выше реакции:

$$CO + H_2 \rightleftarrows CO_2 + H_2,$$

находясь в процессе гидрирования in statu nascendi, обладает большей активностью, чем водород, подаваемый извне, как это имеет место в процессе Бергиуса.

Схема процесса, по кратким сообщениям, появляющимся в иностранной печати, рисуется в следующем виде:

Из водяного газогенератора газ идет через промыватели, где освобождается от сероводорода и органических соединений серы и затем поступает в контактный аппарат. Контактный аппарат снабжен специальной рубашкой, в которой циркулирует масло, предназначенное для того, чтобы держать в контактных аппаратах постоянную температуру. За контактным аппаратом следует устройство для отвода воды и для отделения газолина от непрореагировавших газов.

С этой точки зрения наибольший интерес представляют два способа производства искусственного жидкого топлива: это—полукоксование и гидрирование. Метод коксования значительно уступает полукоксованию, так как в первом случае выход жидкого горючего сильно падает и составляет примерно лишь 30% выходов, полученных при полукоксовании. Кроме того, метод коксования, связанный с получением в качестве побочного продукта бензола, представляет еще некоторые неудобства в том отношении, что размеры выжига кокса (а следовательно, и количества получаемого побочно бензина) в значительной мере зависят от объема выплавки чугуна, и поэтому этот метод не может рассматриваться как самостоятельный процесс для получения бензола как топлива.

К этому следует еще прибавить, что получаемый бензол в условиях военного времени должен итти на другие нужды и поэтому не может служить основной цели — получению моторного топлива для обеспечения обороны страны собственными ресурсами жидкого топлива в условиях военного времени.

Сообщая в дальнейшем историю развития процессов производства жидкого горючего из угля, мы останавливаемся лишь на указанных основных двух методах.

Вопрос о замене нефти искусственным жидким топливом имеет свою довольно давнюю историю. Этот вопрос уже давно интересует не только научно-технические круги, но занимает также внимание многих государственных органов в заинтересованных странах: Германии, Англии, Франции и др.

Что касается научно-технического решения данной проблемы, то оба указанных способа — полукоксование и гидрирование — в равной мере отражены в научных изысканиях.

Методы ведения процесса с применением низких температур испытывались время от времени в газовой промышленности с целью получения обычного светильного газа. Однако эти опыты не имели большого успеха, и газовая промышленность пошла по пути применения высоких температур.

Лишь в конце прошлого столетия применение низких температур в процессе коксования углей стало все более развиваться в связи с ростом производства бездымного топлива по методу сухой перегонки.

В сообщении, сделанном Фишером 16 ноября 1934 г., указывается, что в качестве катализаторов он употреблял главным образом железо, кобальт и никель, добавляя еще некоторые вещества, которые должны были оказывать главным образом физическое воздействие. Выход масел составлял до 110 гр. на 1 $м^3$ окиси углерода, при теоретическом выходе в 180 гр. Как сообщил Фишер, при ведении процесса температура играет исключительно важную роль. Лучшие выхода достигаются при наиболее низких температурах (каких именно, не указывается). С повышением же температуры контракция, а следовательно, и выхода моторного топлива уменьшаются.

При этом методе синтеза в качестве первоначальных продуктов получаются углеводороды парафинового ряда, а также олефины, те и другие с незамкнутой цепью. Полученные таким образом масла обладают лишь в очень слабой степени анти-детонирующими свойствами. Фишер полагает, что возможно добиться изменения свойств получаемых погонов в желательном направлении.

В настоящее время, прибавляя на литр выработанного газолина 0,5 $см^3$ тетраэтилсвинца, получают жидкое топливо с октановым числом 75. Топливо это является хорошим горючим для аэропланов.

Экономическая сторона процесса, по приблизительным подсчетам, оглашенным Фишером, рисуется в следующем виде: если считать, что выхода масел на 1 $м^3$ газовой смеси составят 120 *г*, то при цене угля в 18 германских марок за 1 тонну стоимость бензина выразится в сумме 22 пфеннига за 1 *кг*, при цене же угля 16 марок за 1 тонну цена килограмма бензина не превысит 20 пфеннигов. Если сравнить приведенные только что данные о стоимости бензина со стоимостью бензина, получаемого методом Бергиуса, по сообщению германских источников достигающей 20 пфеннигов за 1 литр, то получим, что 1 литр бензина по методу Фишера (принимая удельный вес бензина в среднем за 0,8) обойдется не дороже 17,6 пфеннига или на 20% дешевле. Однако по этим в обоих случаях весьма приблизительным подсчетам сделать окончательные выводы об экономическом преимуществе того или иного метода пока невозможно.

Несомненным экономическим преимуществом метода Фишера перед методом Бергиуса является то, что он исходит из легко и дешево получаемой CO, тогда как получение водорода значительно труднее и дороже.

Так, к 1885 г. относится сообщение проф. Армстронга [1] (Англия) о том, что для получения бездымного топлива с одновременными значительными выходами каменноугольной смолы предпочтительно применять сухую перегонку угля при низких температурах.

В 1892 г. В. Скотт-Монкрифф получил патент на сделанное им предложение о сокращении времени процесса сухой перегонки угля при получении бездымного топлива. В результате такого процесса получается не кокс, а полукокс [2].

Несколько позже этот метод был использован на одном из газовых заводов в Лондоне, и полученное при этом бездымное топливо появилось даже на лондонском рынке под названием «Карбо».

Все эти более ранние попытки применения процессов полукоксования не могли в дальнейшем успешно развиться вследствие того, что применявшиеся в то время обычные реторты для получения газа оказались непригодными для целей полукоксования.

Лишь в 1906 г. Томас Паркер вновь возобновил попытку промышленной постановки методов сухой перегонки при низкой температуре, и эта попытка увенчалась известным успехом.

Сущность метода Паркера, описанная в его заявке (английский патент № 14365 за 1906 г.), сводится к следующему. Сухая перегонка смолистого угля проводится внутри реторты при температуре около 427° С. Длительность процесса перегонки определяется моментом, когда прекращается выделение светильного газа и начинается выделение водорода и несветящегося газа с характерной окраской пламени.

Загружаемый уголь должен распределяться внутри реторты таким образом, чтобы нагревание происходило равномерно по всей массе, так как в противном случае процесс перегонки в наружных слоях может зайти слишком далеко, в то время как во внутренних слоях масса не будет еще нагрета до нужной степени.

Обыкновенный смолистый уголь, не плавящийся при нагревании, подвергается перегонке в металлической реторте. Эта металлическая реторта имеет форму прописной латинской буквы D высотой 40 *см*, шириной 150 *см* и длиной 215 *см*. Реторта горизонтальная. Слой горючего должен поддерживаться не выше 15 *см*, причем процесс нагревания продолжается не более 6 час.

Паркер установил, что в случае использования сильно смолистых углей, которые под влиянием тепла плавятся и текут, эти угли нецелесообразно загружать тонким слоем в больших ретортах, а лучше помещать их в закрытые, слегка конические цилиндры диаметром 25—30 *см*, которые наполняются углем целиком. Каждый такой цилиндр на одном конце имеет отверстия для выделения газа. Несколько таких цилиндров помещаются в реторту, описанную выше. При этом получаемый таким образом полукокс тем плотнее и тверже, чем полнее загружены цилиндры. Плотность полукокса снижается, если внутри цилиндров оставляется некоторое пространство для свободного расширения загружаемой массы.

При использовании для полукоксования сильно смолистых углей Паркер предложил также применять вертикальные реторты, дающие хороший полукокс для всех смолистых углей. Такие реторты должны иметь в сечении не меньше 15 *см*, причем подогрев должен производиться по всей периферии.

К концу процесса перегонки через реторту пропускается пар для того, чтобы несколько снизить температуру и удалить серу. Разгрузка реторт должна производиться в тот момент, когда прекращается выделение светильного газа.

---

[1] «Chimie & Industrie», № 5, т. 31, 1934.

[2] Как известно, получение полукокса достигается в настоящее время ведением процесса сухой перегонки путем применения низких температур (до 700° С) в отличие от процессов коксования, которые ведутся при более высоких температурах. Предложение же Скотт-Монкриффа сводилось к получению полукокса не путем применения низких температур, а путем сокращения времени, необходимого для завершения полного процесса коксования.

Метод Паркера и до сих пор применяется с некоторыми усовершенствованиями на заводах «Лоу Темперачюр Карбонизейшен» в Англии.

Однако для достижения практических успехов в применении своего метода Паркеру пришлось преодолеть немало трудностей. Эти трудности заключались, во-первых, в установлении точного температурного режима процесса и в нахождении методов контроля установленной температуры. Не меньшие затруднения возникли также при решении аппаратурных вопросов и прежде всего при изыскании материалов для реторт и наиболее эффективной конструкции самой реторты.

Следует иметь в виду, что к этому времени еще не были известны такие металлы, которые могли бы без деформации выдерживать температуру в 500—600°. Лишь на протяжении самых последних лет техника сплавов достигла такого уровня, что явилась возможность подобрать необходимый для реторт состав металла.

Насколько велики оказались трудности в области аппаратурного оформления и определения температурного режима для процессов сухой перегонки при низких температурах, видно хотя бы из того факта, что с момента первоначальных открытий Паркера (1906 г.) до момента промышленного осуществления его метода на заводских установках в Англии (1927 г.) прошел 21 год.

Таким образом началом развития полукоксования и получения жидкого горючего из угля и началом решения этой проблемы в Англии следует считать 1905—1906 гг., когда здесь появились работы Паркера, а в США — работы Парра. Для Германии же этот момент наступил еще ранее, а именно в конце прошлого столетия, когда впервые были построены реторты системы «Ролле», которые и до настоящего времени являются господствующим типом печей в Германии.

Однако особый интерес к процессам полукоксования, в частности в Англии, начинает проявляться примерно с 1912 г. Примерно к этому времени в английском адмиралтействе был окончательно решен вопрос о переводе военных судов исключительно на нефтяные топки. В этом же году в Англии создается специальная королевская комиссия под председательством лорда Фишера для изучения вопроса получения жидкого топлива путем переработки угля.

Разразившаяся мировая война на некоторое время приостановила проводившиеся здесь опытные работы, и последние были возобновлены только к концу войны, когда в Гринвиче была сооружена опытная топливная станция (fuel research station), которая развернула большие опытные работы по полукоксованию угля. Однако лишь в 1927 г. на этой станции удалось получить образцы топлива, приближающиеся по своим качествам к требованиям адмиралтейства.

Что касается Германии, то особый интерес к полукоксованию углей был здесь проявлен лишь под влиянием войны и блокады, отрезавших заграничные источники снабжения германского флота жидким горючим. Именно в этот период в Германии было сооружено несколько полукоксовальных установок в районах залежей бурых углей. Однако интерес Германии к процессам полукоксования значительно ослабевает тотчас же после войны и на первый план, как увидим ниже, выдвигаются методы гидрирования.

В то же время почти все другие страны, лишенные собственных источников нефти, проявляют повышенный интерес к переработке углей путем полукоксования именно в годы, непосредственно следующие за окончанием войны.

На II Международной конференции по битуминозным углям, состоявшейся в 1928 г. в Питсбороу (США), наибольшее количество докладов относится к проблеме обработки углей методом полукоксования [1].

С 1932 г. в Англии начинается проведение широких опытов по применению морским флотом жидкого горючего, полученного методом полукоксования. В этом году адмиралтейству было поставлено до 350 *т* такого топлива и велись опыты по его сжиганию на истребителе «Вестминстер».

[1] «Fuel in Science and Practice», № 5, 1934.

В следующем 1933 г. английское адмиралтейство заключает договор с фирмой «Лоу Темперачюр Карбонизейшен» на поставку ему в течение года 3 тыс. *т* искусственного жидкого топлива из угля, причем по договору требуется полная очистка этого топлива от содержащихся в каменноугольной смоле кислот.

Очистка от кислот значительно повышает теплотворную способность искусственного жидкого топлива, что видно из сопоставления сравнительных данных теплотворной способности натуральной нефти и очищенной искусственной нефти. Эти данные приводятся нами как в отношении единицы веса, так и в отношении единицы объема (табл. 4).

Таблица 4

Виды нефти	Удельный вес	Теплотворная способност 1 *кг* в *кал*	Теплотворная способность 1 *л* в *кал*
Персидская	0,895	10 603	9 456
Тринидатская	0,955	10 464	9 961
Сураханская	0,785	10 800	8 478
Балаханская	0,879	10 800	9 493
Бинагадинская	0,923	10 300	9 507
Искусственная, свободная от кислот	0,966	9 918	9 553
Искусственная с содержанием кислот	1,014	9 391	9 455

Поступившая в английское адмиралтейство нефть, полученная путем гидрирования каменных углей, имела удельный вес 0,913 и теплотворную способность 10 347 *кал/кг*. Таким образом эта искусственная нефть по своим качествам еще более приблизилась к натуральной нефти.

Состав и свойства продуктов сухой перегонки каменного угля при низких температурах (полукоксование) сильно зависят от состава исходного угля.

Таблица 5

Сорт угля	Выхода в %		
	Смолы	Твердых парафинов	Фенолов
Тощий	1,5	0	0
Жирный	3,5	1—2	15—20
Газовый	8,0	1—2	30
„ пламенный	12,0	1—2	45
Бурый (самшит)	24,0	29	15
Лигнит	2,7	2,0	57
Кенельский	29,0	0	5—10

Фишер приводит следующие данные, характеризующие выхода и состав смолы из различных углей (табл. 5).

Характерной чертой смолы, полученной при полукоксовании, резко отличающей ее от коксовой смолы, является отсутствие в ней бензола, фенола и нафталина.

Процессы полукоксования в химическом отношении не нашли еще полного и ясного объяснения. Поэтому в литературе лишь в общих чертах освещаются процессы образования отдельных веществ, получающихся при распаде.

Известно, что получение фенолов в смоле происходит главным образом за счет разложения гуминовых веществ каменного угля, углеводороды же получаются за счет так называемой смолистой части угля, его битумов.

Что касается физических явлений, происходящих при коксовании, то здесь заслуживает особого внимания переход угля через пластическое состояние. Каменный уголь при температуре между 350 и 500° претерпевает существенное изменение в своей физической структуре и становится на некоторое время пластическим.

При этом находящиеся в каменном угле битумы превращаются в полужидкое вещество и обволакивают отдельные твердые зерна, вызывая спекание угля.

В зависимости от количества и свойств содержащихся в угле битумов полукокс получается либо спекшийся, с ячеистой структурой, либо порошкообразный. Способность превращения в пластическую массу у некоторых каменных углей настолько резко выражена, что вынуждает изыскивать соответствующую аппаратуру для полукоксования, так как во вращающихся ретортах полукокс может подвергнуться спеканию в очень крупные глыбы, сделав тем самым их извлечение из реторт весьма затруднительным.

Разнообразное поведение разных сортов каменных углей в процессе сухой перегонки обусловливает необходимость применения различных систем реторт для полукоксования.

Несмотря на сравнительную молодость промышленности полукоксования, развившейся лишь в последний послевоенный период, число разных систем, предложенных и практически используемых в этой промышленности, значительно превышает число систем, применяемых коксовой промышленностью, между тем как последняя существует уже много десятков лет.

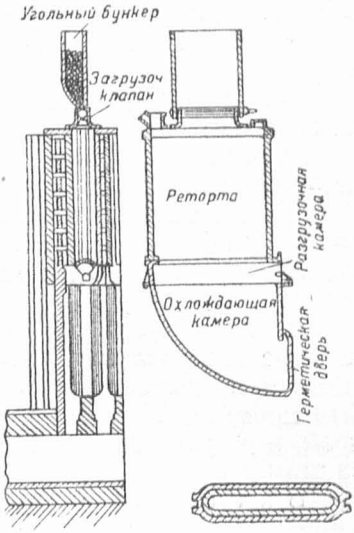


Рис. 1. Реторта для полукоксования углей на опытной установке фирмы «Лоу Температур Карбонизейшен».

Все системы печей, применяемых для сухой перегонки каменного угля при низких температурах, могут быть подразделены на три основных типа:

1) Печи с внешним обогревом через стенки реторт.

2) Печи с непосредственным внутренним обогревом горячими нейтральными газами.

3) Печи с металлическими ваннами.

Печи первого и второго типа могут быть вращающимися и неподвижными, вертикальными или горизонтальными.

На рис. 1 изображена реторта для полукоксования, установленная на заводе «Лоу Температур Карбонизейшен» в Англии.

Реторта сделана из огнеупорного кирпича и имеет форму щели шириной в 28 *см*. Высота ее 290 *см*, большая ось вверху — 220 *см*, внизу — 230 *см*.

Разовая загрузка составляет около 700 *кг*. Процесс полукоксования длится 8 час.

Успехи, достигнутые английской фирмой «Лоу Температур Карбонизейшен» в области переработки углей в жидкое топливо путем полукоксования, дали сильный толчок развитию этого нового производства как в самой Англии, так и в других странах. В дальнейшем, при рассмотрении современного положения методов полукоксования и гидрирования в различных странах, мы остановимся на этом вопросе более подробно. Во всяком случае именно к этому периоду следует отнести крутой поворот многих стран в сторону развития в крупном промышленном масштабе методов переработки углей в жидкое горючее путем полукоксования.

Что касается гидрогенизации углей, то первая попытка в этой области была сделана французским химиком Бертело еще 60 лет тому назад («Bul. Soc. Chim.», 1868 г., № 9; 1869 г., № 11). Действуя в течение нескольких часов на тонко измельченный уголь крепкой иодисто-водородной кислотой при температуре 270° С, Бертело установил, что более 60% твердого углерода переходит в этом случае в жидкие углеводороды.

Однако эти опыты Бертело не привлекли к себе большого внимания вследствие отсутствия в них коммерческой выгодности.

Таким образом вопрос превращения угля в жидкое топливо на протяжении нескольких десятков лет оставался лишь в орбите чисто научно-теоретических

изысканий, лишенных практического интереса. Только 25 лет тому назад, с того момента, как Бергиус сделал свои замечательные открытия, они вновь привлекли широкое внимание.

Открытия Бергиуса базировались на новейших достижениях науки и техники в области применения высоких давлений и температур.

Из числа экспериментальных работ, проделанных им в процессе изысканий, приведших его к этим открытиям, следует указать три главные:

1) Бергинизация или деструктивное гидрирование, где в качестве дисперсной среды используется или гидрогенизированное или минеральное масло.

2) Гидрирование с использованием иной, чем в первом случае, дисперсной среды.

3) Гидрирование в отсутствии дисперсной среды.

В 1911 г. Бергиус, исследуя термическое разложение тяжелых масел в атмосфере водорода под давлением, получил легкий погон, содержащий главным образом предельные углеводороды. Вскоре после этого этот же самый процесс был применен Бергиусом к искусственному углю, приготовленному из целлюлозы, в результате чего получился продукт, схожий с нефтью. Следующим вслед за этим шагом было гидрирование угля.

В августе 1914 г. Бергиус получает патент на процессы получения масел, аммиака и других продуктов как из угля, так и из других содержащих углерод остатков (смола, деготь и т. д.) в отсутствии катализаторов. Сущность запатентованного Бергиусом процесса заключается в обработке угля и других содержащих углеводороды веществ водородом под давлением в 10 *ат* при температуре 300—500° С.

В более поздних описаниях процесса имеется уже указание на применение более высоких давлений порядка 200 *ат* и на обработку угля или в смеси с маслами очень густой консистенции, полученных предшествующей гидрогенизацией масел, или каменноугольной смолы. Далее известно, что хотя Бергиус и считает этот процесс не каталитическим, однако он прибавлял к обрабатываемому углю особый состав, названный им «люксмассой», состоящий главным образом из соединений окиси железа, чем значительно облегчалось удаление серы.

Первый процесс гидрирования проводился Бергиусом в небольшой стационарной реторте. При этом он получал выхода схожего с нефтью продукта в пределах от 40 до 70%, считая от веса загруженного угля в зависимости от природы последнего, количество же поглощенного водорода колебалось от 3 до 5%.

Значительные открытия Бергиуса вызвали бесчисленное количество исследовательских работ в этой области почти во всех странах, но при этом почти все исследователи в основном пользовались методами Бергиуса.

Однако дальнейшее развитие этих открытий от стадии лабораторных и полузаводских исследований до промышленного применения потребовало преодоления целого ряда технических трудностей. Это, однако, не могло произойти достаточно быстро вследствие слабого развития в то время техники высоких давлений и высоких температур.

Главнейшие вопросы, разрешение которых обусловливало дальнейшее развитие процессов гидрирования углей и развития их в промышленном масштабе, были следующие:

1) Переход от прерывного метода гидрирования к непрерывному.

2) Создание материалов, могущих противостоять коррозии и влиянию давлений и температур, применяемых в процессе гидрирования.

3) Усовершенствование методов контроля применяемых температур.

4) Производство дешевого водорода.

5) Изыскание катализаторов, способных противостоять отравлению.

Тесная связь явлений гидрирования с каталитическими рекациями охарактеризована нами выше. Явления гидрирования относятся к области г е т е р о г е н н о г о катализа, и поэтому все вопросы о механизме процессов гидрирования находили свое решение наряду с выяснением общих проблем катализа.

В качестве катализаторов для гидрирования при добывании жидкого горючего наряду с Fe, Ni, Pt и Pd оказались также пригодными окислы трудно восстановимых металлов.

В некоторых случаях к катализаторам примешиваются едкие щелочи. Активность контактных веществ может быть значительно понижена так называемыми отравляющими свойствами некоторых примесей.

Насколько велико влияние различных катализаторов на ход самого процесса гидрирования угля, можно проследить по приведенной ниже таблице.

Таблица эта составлена на основании испытаний, произведенных английской Fuel Research Board (результаты испытаний приводятся в таблице в пересчете на сухой и обеззоленный уголь) [1].

Таблица 6

Катализатор	Катализат. в % к весу загруженного угля	% непревращенного угля	Выхода продуктов, растворимых в хлороформе			Конст тупиковая вода	Газ	Потери	Расход водорода в % к весу загруженного угля
			асфальтены, поглощаемые древесным углем	Масла, отгоняемые до 360°	Густое масло, отгоняемое при т-ре выше 360°				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Без катализатора	—	49,8	—	21,5	9,6	5,7	9,0	4,4	2,7
2. Известь	2,5	—	—	—	—	—	—	—	—
3. Магнезия	2,5	—	—	—	—	—	—	—	2,0
4. Окись бисмута	2,5	41,1	—	15,8	17,4	6,3	10,4	9,0	—
5. Окись никеля	0,1	55,1	4,9	16,5	10,3	4,5	7,2	1,6	2,2
6. Олеат „	2,5	10,2	—	28,3	36,7	6,2	8,7	9,9	2,8
7. Окись железа	2,5	27,3	—	28,7	23,2	2,0	8,8	10,0	2,5
8. „ цинка	2,5	10,2	—	28,3	41,1	5,6	7,6	7,2	3,6
9. „ титана	2,5	36,9	—	18,8	18,3	7,2	10,8	8,0	3,1
10. „ железа	2,29	12,0	—	33,2	31,1	6,9	6,5	10,3	2,7
11. „ титана	0,21								
12. Молибдат аммония	0,1	48,6	7,5	8,8	13,7	1,8	7,9	11,7	2,2
13. „ „	2,5	9,3	7,5	31,2	36,7	5,7	4,3	5,3	2,0
14. Иод	0,1	24,0	8,6	19,5	30,5	6,1	10,6	0,8	2,0
15. Иодистоводородная к-та	5,0	22,8	11,4	38,5	14,7	5,5	1,7	10,4	2,0
16. Олеат цинка	2,5	27,0	—	25,6	23,0	6,8	10,2	7,4	3,1
17. Окись германия	0,1	10,5	—	28,5	32,3	7,9	11,3	9,5	3,2
18. Окись свинца	2,5	16,4	—	26,1	34,2	4,9	6,1	12,3	2,5
19. Олеат свинца	2,5	10,1	—	32,1	31,6	8,6	8,7	8,9	3,0
20. Гидрат закиси олова	0,5	6,0	—	37,8	31,8	7,9	6,4	10,1	2,6
21. „ „ „	0,1	9,8	9,3	29,5	33,2	7,0	1,1	10,1	2,1
22. „ „ „	0,01	25,6	7,7	25,2	25,6	4,2	4,6	7,1	2,1
23. „ „ „	0,05	11,0	—	33,5	29,9	6,8	6,8	12,0	—
24. Олеат олова	2,5	6,5	—	38,7	29,8	6,6	8.2	10,2	2,9
25. Водородистое олово	0.1	9,6	—	62,0		6,5	8,2	13,7	3,4
26. Тетраэтилат олова	0,1	10,7	—	29,8	32,5	6,4	6,1	14,5	2,9
27. Гидрат закиси олова	0,1	7,8	—	31,7	35,6	6.4	6,6	11,9	2,6
28. Окись молибдена	0.1								

При рассмотрении данных приведенной таблицы необходимо учитывать соотношения следующих основных результатов проводимого процесса: 1) величину непрореагировавшего угля, 2) выхода продуктов, растворимых в хлороформе,

[1] Таблица составлена на основании работ научных сотрудников Fuel Research Board: Кинга, Вильямса и Нортона. См. «Chimie & Industrie», № 3, т. 31, 1934.

в том числе выхода густых масел, отгоняемых при температуре выше 360° (желательно добиваться, чтобы этих последних было как можно меньше), 3) расход водорода, который является важным фактором для определения той или иной степени экономичности процесса.

Из числа приводимых в таблице различных катализаторов наиболее активными являются соединения таких металлов, как г е р м а н и й, олово и свинец, т. е. металлы, входящие в четвертую группу элементов.

Что касается значения водорода для процесса гидрирования, то оно достаточно иллюстрируется тем, что при проектировании гидрогенизационной установки с суточной производительностью 500 *т* угля необходимо иметь в виду обеспечение этой установки источником для получения водорода в количестве от 500 до 600 тыс. кубометров в сутки, с учетом потребности его и на побочные реакции.

Наряду с указанными выше проблемами катализаторов и источников дешевого водорода немалую роль для развития процессов гидрирования углей играет проблема аппаратуры, соответствующей требованиям применяемых высоких давлений.

В связи с общим развитием техники высоких давлений и температур в промышленности началось также развитие новой отрасли техники изготовления специальной аппаратуры.

Транспортировка газов и жидкостей в цилиндрах, регулировка течения их посредством ручных и автоматических вентилей и в особенности синтез различных веществ легко доступным и надежным способом — все это вызвало необходимость радикальных изменений в установках.

Несмотря на то, что применение высокого давления в промышленности — явление сравнительно новое, уже сейчас выработались некоторые принципы конструирования и производства аппаратуры для высоких давлений.

Выбор материалов для такой аппаратуры должен производиться применительно к температурам и давлению, с тщательным учетом разрушительного действия веществ, подлежащих переработке. Для этой цели применяются углеродистая сталь, специальная сталь и сплавы, не содержащие железа. Широкое применение получила также хромованадиевая облагороженная сталь.

Необходимо иметь в виду, что каждая ступень процесса обусловливает специальную форму оборудования с учетом сопротивляемости не только химическому воздействию, но и условиям температуры и пр.

В целях соблюдения мер безопасности и предохранения аппаратуры от потерь продукта необходимо обеспечить непроницаемость как самого оборудования в целом, так и всех его составных частей: трубопроводов, хранилищ и пр. Это требование непроницаемости становится доминирующим в тех случаях, когда хранение или операции под высоким давлением производятся с газами или легко улетучивающимися жидкостями. Вместе с тем предохранение оборудования от разрушительного действия высоких давлений и температур требует значительных специальных затрат, и поэтому вопрос удешевления стоимости такой специальной аппаратуры также является немаловажным.

С этой целью в последнее время особенно развилось применение сварочных процессов, оказавшихся прекрасным методом соединения металлов в производстве оборудования для химических заводов.

Здесь уместно указать, что многие из поставленных задач были разрешены для процессов гидрирования угля попутно с решением аналогичных вопросов в промышленности синтетического азота, переживавшей в это время полосу бурного развития.

В 1921 г. в Рейнау (Германия) строится первая установка для гидрирования углей с суточной производительностью в 27 *т* угля. В 1926 г. «И. Г. Фарбениндустри» строит в Леуна завод, пущенный в 1927 г. В 1928 г. в Дуисбурге строится новая установка для гидрирования углей с суточной производительностью в 90 *т*.

В то время как установки в Рейнау и Дуисбурге вскоре были законсервированы из-за неэкономичности производственного процесса, завод «И. Г. Фарбениндустри» в Леуна, применивший способ Бергиуса в промышленном масштабе, с последующим усовершенствованием его Брошем, продолжал развиваться и дал в 1932 г. свыше 100 тыс. *т* синтетического бензина.

Таким образом началом развития промышленности гидрирования угля для получения искусственного жидкого топлива в промышленном масштабе следует считать пуск завода в Леуна в 1927 г.

Пути разрешения проблемы жидкого топлива из угля в различных странах характеризуются приводимыми ниже краткими данными.

Германия. На базе своих среднегерманских буроугольных залежей Германия приступила к решению проблемы искусственного моторного топлива, используя параллельно два процесса — полукоксование и гидрирование.

Однако в последние годы на германском рынке жидкого топлива (полученного методом полукоксования) экономические условия сложились чрезвычайно неблагоприятно [1], вследствие чего все германские установки по полукоксованию, работавшие на битуминозных углях (в том числе и завод в Эссене), закрылись. Оставались в действии лишь несколько заводов, работающих на бурых углях, расположенные в Центральной Германии, хотя и эти работают не с полной нагрузкой.

На происходившей недавно конференции Германского научного общества по исследованию минеральных масел (1933 г.) высказывалось мнение, что для развития процесса полукоксования в Германии вряд ли можно ожидать благоприятных экономических условий, хотя самый этот процесс технически вполне освоен.

Все же несмотря на такие неблагоприятные предпосылки саксонское правительство недавно приняло решение построить в окрестностях Лейпцига, в Боэлене, завод синтетического бензина на базе полукоксования лигнитов. Мощность этого завода запроектирована на переработку 600 *т* лигнитов в сутки, что дает от 15 до 20 тыс. *т* бензина в год. Постройка этого завода стоимостью в 5 млн. марок финансируется целиком правительством.

Совершенно иначе обстоит дело с развитием процесса гидрирования угля. Уже в 1933 г. завод в Леуна выработал до 120 тыс *т* синтетического бензина. По утверждению авторитетных специалистов, мощность завода в Леуна может быть доведена до 300 тыс. *т* бензина без дополнительных капитальных затрат. Тем не менее «И. Г. Фарбениндустри» в 1933 г. приступила к реконструкции гидрогенизационных цехов на этом заводе с общим объемом затрат в 40 млн. марок. На завод принято на работу дополнительно 10 тыс. рабочих в целях намеченного значительного расширения программы.

Наряду с этим в печати сообщается о том, что Рурская угольная промышленность, использующая в настоящее время свои азотные установки лишь на $^1/_3$, решила перевести большинство этих установок на производство жидкого топлива из угля [2]. В качестве первого шага намеченного плана решено соорудить установку с годовой производительностью в 100 тыс. *т* моторного топлива, для чего потребуется до 150 тыс. *т* угля. В сообщениях указывается, что гидрирование угля предполагается вести по методу, разработанному Поттом и Брошем, при котором до 80% угля превращается в жидкое топливо.

[1] Основной продукт, получаемый при полукоксовании—полукокс, выхода которого достигают 60—70% от веса переработанного угля, не может найти широкого применения в домашнем быту в качестве топлива, поскольку другие виды потребляемого в Германии топлива дешевле, а особые достоинства полукокса как бездымного топлива не являются в германских условиях актуальными, в противовес условиям английским. Наряду с этим получаемый одновременно при процессе полукоксования газ и каменноугольная смола не могут быть реализованы на германском рынке, который с избытком насыщен аналогичными продуктами, получаемыми от высокоразвитой в Германии коксовой и газовой промышленности.

[2] «Chemical Trade» № 2440, 1934.

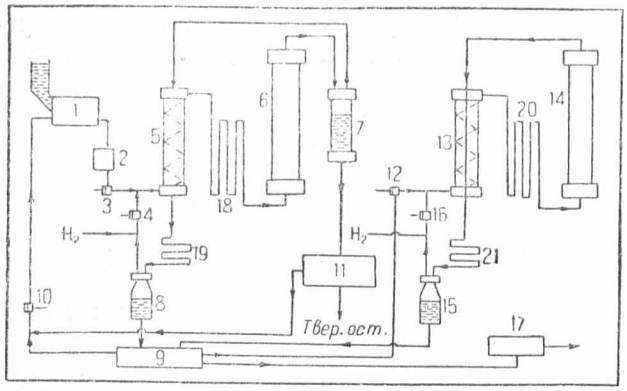


Рис. 2. Схема процесса гидрирования угля на заводе «И. Г. Фарбениндустри» в Леуна.

Схема процесса гидрирования угля на заводах «И. Г. Фарбениндустри», являющегося результатом усовершенствования Бошем метода Бергиуса, представлена на рис. 2.

Переработка угля по этой схеме производится следующим образом: уголь из бункера поступает в мельницу *1*, куда подается масло насосом *10* для получения угольной пасты такой консистенции, чтобы она могла прокачиваться насосом высокого давления. Из мельницы паста поступает в сборник *2*, откуда берется насосом *3* и подается в теплообменник *5*. В трубопровод, подающий пасту, нагнетается водород циркуляционным насосом *4*, в который по особому трубопроводу H_2 поступает дополнительный свежий водород. Из теплообменника паста проходит подогреватель *18* и направляется в колонну для гидрирования *6*, где и происходит превращение угля в жидкое горючее и частично в бензин и другие производные. Пройдя колонну гидрирования, вся масса поступает в разделитель *7*, где парообразные продукты отходят вместе с газами и направляются в теплообменник *5*, затем в холодильник *19*, где происходит конденсация всех паров, а газы направляются вновь на гидрирование с добавкой к ним свежего водорода. Жидкие продукты из холодильника идут в приемник *8* и дальше на дестилляцию *9*. Перегонкой отделяют бензин и остатки вновь перегоняют для отбора среднего масла. Бензин сразу поступает на очистку *17*, а более высококипящие продукты отправляются на вторую коллону, где подвергаются деструктивной гидрогенизации. Масло вместе с твердыми остатками из сборника *7* поступает в переработку для отделения твердых веществ. После их разделения (*11*) масло идет в насос *10*, соединяется вместе с тяжелыми остатками от перегонки и поступает в мельницу для получения пасты.

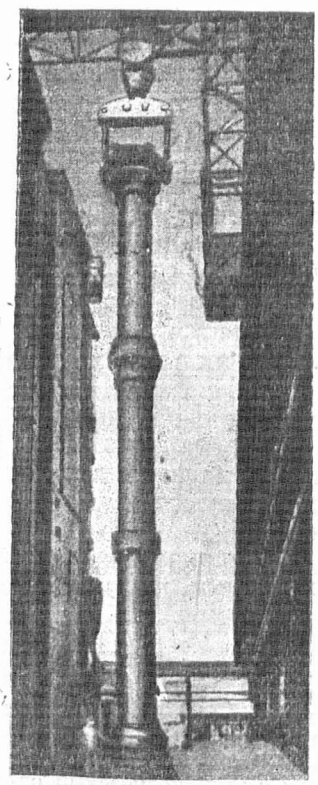


Рис. 3. Колонна для реакционной камеры, в которой производится гидрирование.

Среднее масло проходит точно такую же схему, как и угольная паста, т. е. насосом *12* подается в теплообменник *13*, затем в подогреватель *20*, откуда поступает в реакционную камеру *14*, отсюда, пройдя снова в теплообменник *13* и холодильник *21*, собирается в сборник *15*, где отделяется от газов и идет на дестилляцию. Получающийся бензин идет на очистку, а тяжелые остатки, если таковые получаются, возвращаются снова в производство в угольной пасте. Циркуляционные газы работают с добавкой свежего водорода из водородной линии H_2.

В этом процессе катализатор замешивается вместе с пастой и углем. Гидрируя таким путем бурый уголь, удается получить из тонны чистого угольного ве-

щества (безводного и беззольного) 650 *кг* бензина и газового масла, или, если вести исключительно на бензин, то 600 *кг* бензина, причем большее или меньшее содержание битумов в угле на выход бензина оказывает очень малое влияние. Гидрирование можно повести так, что будут получаться средние масла, как газойль, или же тяжелые, из которых могут быть получены смазочные масла хорошего качества.

Главным фактором в гидрировании является температура, и поэтому самые большие трудности заключаются в подводе тепла в камеру и в его отводе. Как показали опыты, весь процесс чрезвычайно чувствителен к температурным изменениям, и неправильный температурный режим влечет изменение в выходах и качестве продуктов в сторону ухудшения.

Вопрос с водородом и с новым катализатором решается более или менее благополучно, потому что уже не требуется такой тщательной очистки его, как это необходимо было прежде.

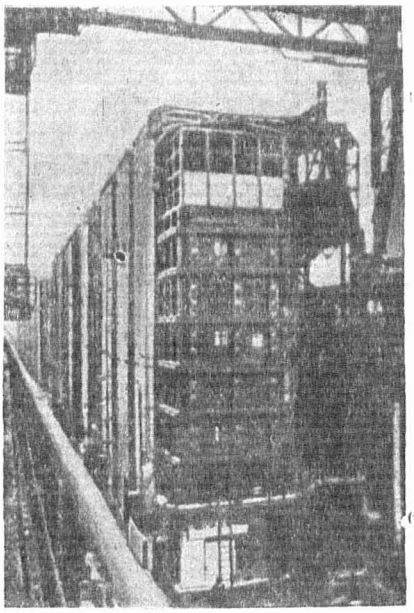


Рис. 4. Камеры на заводе «И. Г.», в которых стоят колонны для гидрирования.

Одним из самых серьезных вопросов, всегда встававших перед работниками в области гидрирования при высоких давлениях, — это вопрос аппаратуры. На рис. 3 представлена новая колонна для реакционной камеры, в которой производится гидрирование; размеры ее: длина 18 *м* и диаметр 0,85 *м*. В описании этой колонны имеется указание на то, что ее диаметр может быть увеличен до 1,5 *м* и что такие колонны уже изготовляются. На заводе «И. Г.» в Леуна стоит 36 таких колонн.

На рис. 4 представлен ряд камер, в которых стоят колонны для гидрирования, а рис. 5 дает представление о мощности водородной станции, где представлены компрессоры, подающие водород, каждый мощностью 1 000 *л. с.*

Англия. Здесь полукоксование достигло наибольших успехов по сравнению с другими странами. Хотя 7 полукоксовальных установок прекратили свою деятельность вследствие несовершенства применяемых ими технологических процессов и печей, однако принадлежащие фирме «Лоу Температчюр Карбонизейшен» три завода в Аскерне, Донкестере и Гринвиче не только работают без перебоев, но даже в течение лета 1934 г. на одном из заводов в Аскерне

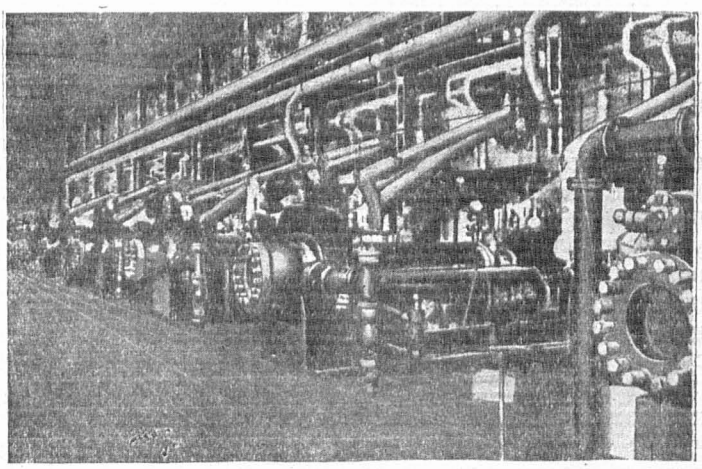


Рис. 5. Компрессора на водородной станции «И. Г.», каждый мощностью в 1000 *л. с.*

мощность его была увеличена на 17%. В настоящее время указанной фирмой смонтированы еще две установки, рассчитанные на переработку 300 тыс. *т* угля в год. В 1935 г. эти установки пущены в эксплоатацию. Стоимость их составляет 300 тыс. фунтов стерлингов.

Вместе со строящимися заводами мощность всех установок этой фирмы в пересчете на уголь составит 600 тыс. *т* в год. Все эти заводы работают по методу Коалита, используя патент Паркера. Действующие заводы общества «Лоу Температюр Карбонизейшен» ежегодно перерабатывают около 322 400 *т* угля и дают продукцию в виде 225 680 *т* полукокса, 26 тыс. *т* сырого каменноугольного дегтя, 800 тыс. галлонов бензина, 1 300 млн. куб. футов газа.

Ниже мы приводим краткое описание установки «Коалит», сооруженной этой фирмой в угольных копях Аскерн, близ Донкестера, а также схему процесса и фотоснимки аппаратуры.

Установка состоит из шести батарей, в каждой из которых имеется 36 реторт; таким образом всего имеется 216 реторт, обрабатывающих 360 *т* угля в сутки. Реторты, отлитые из специального сплава, имеют около 3 *м* в вышину и 1,20 *м* в ширину у основания. Каждая ретора состоит из 12 литых труб, которым для облегчения выгрузки полукокса придана конусообразная форма.

Реторты и камеры сжигания чередуются через одну по всей длине установки, так что каждая ретора расположена как бы в камере лучеиспускания, образованной стенками двух смежных с нею камер для сжигания. Благодаря такому расположению реторты обогреваются за счет лучеиспускания, не соприкасаясь никогда ни с пламенем, ни с металлом.

Под каждой парой реторт находится камера охлаждения, общая для обеих реторт, имеющая объем, достаточный для вмещения «коалита», поступающего из двух реторт. Снизу эта камера снабжена двойными дверцами; внутренняя снабжена гидравлическим затвором, препятствующим проникновению воздуха в камеру (рис. 6).

Полный цикл операций осуществляется следующим образом. Реторты в течение всех 4 час. загружаются и выгружаются с полным соблюдением установленного расписания. Содержимое камеры охлаждения передается на транспортер. После этого открывается соединительная дверца, находящаяся между ретортой и охлаждающей камерой, для выгрузки в последнюю содержимого реторты. Затем дверца закрывается и ретора загружается свежим углем, подающимся из находящейся наверху воронки. Во время загрузки и выгрузки реторты изолированы от барельета затвором Корта.

Установка функционирует круглые сутки в три смены (по 8 час.); таким образом эксплоатация ее непрерывная. Каждая батарея выгружает содержимое своих 36 реторт два раза в смену, так что каждая ретора может карбонизовать в сутки 6 загрузок угля.

На этой установке обрабатывается уголь, известный обычно под названием «промытая угольная мелочь»; он получается из угольных копей Аскерн, расположенных неподалеку от завода. Промывка угля производится в самих копях: промытый уголь передается прямо из решет в вагонетки, курсирующие между угольным складом и установкой «Коалит». Вагонетки разгружаются посредством вращающегося прибора для опрокидывания. Перед поступлением в реторты уголь просушивается в цилиндре, обогреваемом отработанными газами карбонизационной установки. После промывки уголь обычно содержит 11—13% влаги, а после сушки содержание влаги уменьшается приблизительно до 5%.

После сушки уголь с помощью подъемника передается к двум питающим насосам, расположенным над каждой батареей, каждый из них вмещает количество угля, достаточное для суточной загрузки. Уголь, отвешиваемый автоматически, загружается в реторты с помощью подвижных воронок, а так как реторты работают попарно, каждая воронка вмещает как раз то количество угля, которое нужно для двух реторт.

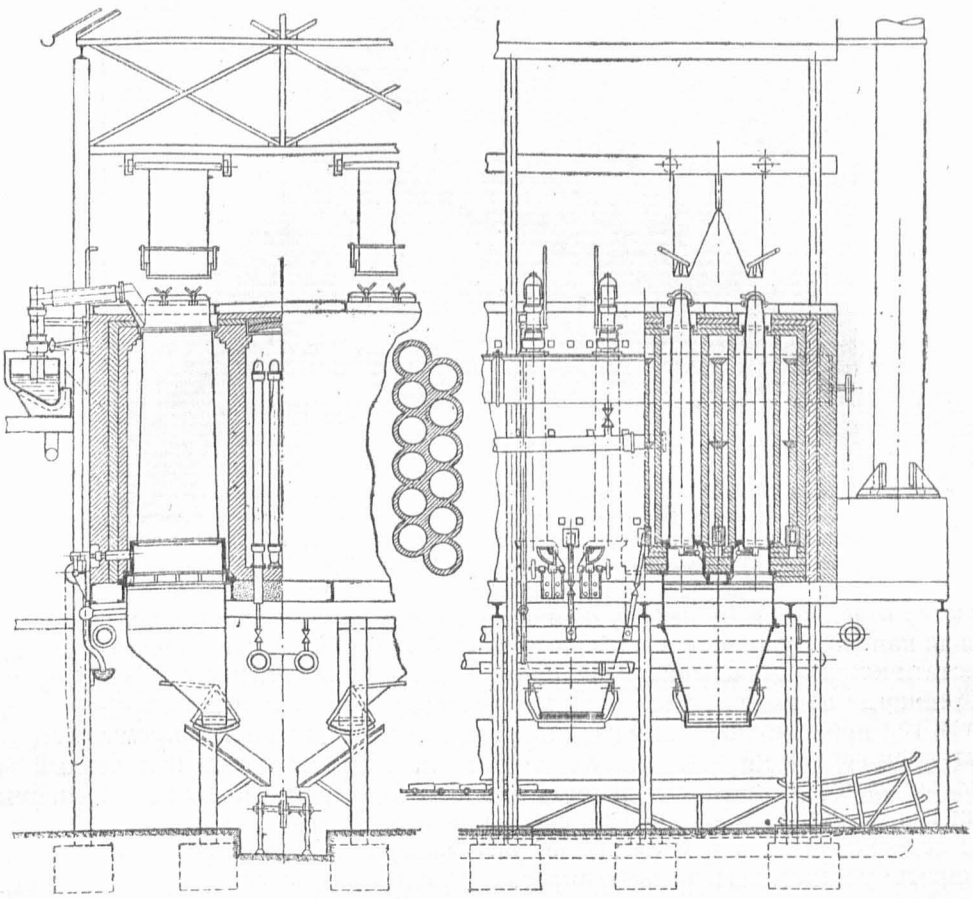


Рис. 6. Схема реторт для полукоксования углей на заводе в Аскерне (Англия). Слева показана реторта, над которой находится бункер, служащий для загрузки ее углем. В центре дается, в разрезе сверху, трубчатая конструкция реторты. Справа видны две реторты, внизу которых помещены камеры для охлаждения полукокса, а сверху — бункера для загрузки.

Как уже указано выше, по выходе из камер охлаждения «коалит» выгружается на ленточные транспортеры. Последние, обслуживая шесть батарей, питают общий главный транспортер, который передает «коалит» на решета. Решета эти расположены таким образом, что большие куски коалита выбрасываются на первый железнодорожный путь прямо в вагоны, а мелкие куски сбрасываются в другие вагонетки, находящиеся на смежном пути.

Вся работа ведется исключительно автоматически; ни уголь, ни «коалит» не подвергаются никаким манипуляциям вручную. «Коалит», не требующий ни сортировки, ни дробления, выгружается автоматически в виде кусков, размеры которых точно отвечают требованиям домашнего обихода.

Во время карбонизации газ выходит из верхней части каждой реторты и поступает внутрь барельета, а оттуда на завод полупродуктов. Очистка газа производится путем пропускания его через электростатический осадитель, состоящий из цилиндрической вертикальной камеры, в которой подвешено несколько электродов, заряженных до 90 000 вольт (постоянного тока). Под действием электростатического поля содержащиеся в газе маленькие частицы дегтя или твердых

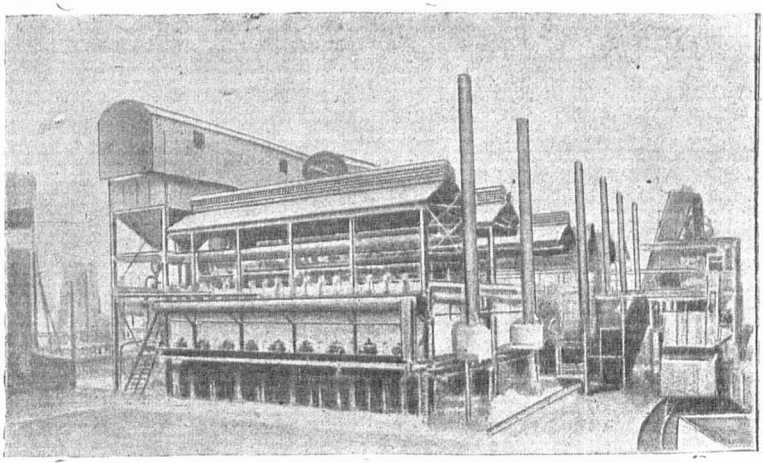


Рис. 7. Вид шести батарей реторт для полукоксования углей на заводе в Аскерне (Англия). Слева над батареей реторт видна приемная эстакада, с которой производится загрузка бункеров. Справа видна установка для отсеивания полукокса и его погрузки.

веществ отделяются от него, ударяясь о стенки камеры, с которых они стекают в виде капель и удаляются в сборный бак. Таким образом этот аппарат для электростатического осаждения выполняет роль очень эффективного фильтра, который никогда не может загрязниться и, следовательно, никогда не требует чистки. Затем газ проходит через другой аппарат, где он подвергается промывке слабым раствором серной кислоты для удаления из него аммиака; весь полученный здесь сульфат аммония продается фирмой местным фермерам. По выходе из промывателя газ поступает в водяной холодильник с трубками, где из него выделяются еще содержащиеся в нем следы легкого масла или паров. Все вышеуказанные аппараты установлены на экстракторах. После прохождения через эти экстракторы газ опять промывается для выделения из него бензина, который рекуперируется из промывного масла с помощью обогреваемого паром перегонного куба обыкновенной конструкции. Очищенный таким образом газ поступает, наконец, в газометр, откуда он возвращается на карбонизационную установку.

Хотя при карбонизации каменного угля при низкой температуре происходит образование больших количеств дегтя и смолы, вся установка сконструирована по хорошо продуманному проекту, и закупорки системы не происходит; трубопроводы по целым месяцам не требуют никакой чистки.

Конструкция реторты была тщательно продумана, чтобы отвечать специальным требованиям. Во-первых, реторта спроектирована так, что обогрев ее происходит исключительно за счет лучеиспускания, и в ней снизу доверху и во всех направлениях поддерживается постоянная и равномерная температура. Благодаря ее форме и диаметру весь находящийся в ней уголь может нагреваться равномерно; этим объясняется и одинаковая карбонизация всей нагрузки, от наружной поверхности до середины (рис. 7, 8).

Хотя сырье представляет угольную мелочь с большим количеством пыли, конечный продукт имеет вид очень прочных кусков установленного размера, которые выдерживают продолжительную перевозку и всякого рода пертурбации, почти не ломаясь в пути. Этот результат достигнут благодаря использованию свойства каменного угля разбухать во время карбонизации и благодаря быстрому нагреванию в самый момент загрузки.

Все оборудование расположено таким образом, что газ, выделяющийся во время карбонизации, быстро удаляется из всех частей загрузки, таким образом остается совершенно однородный продукт.

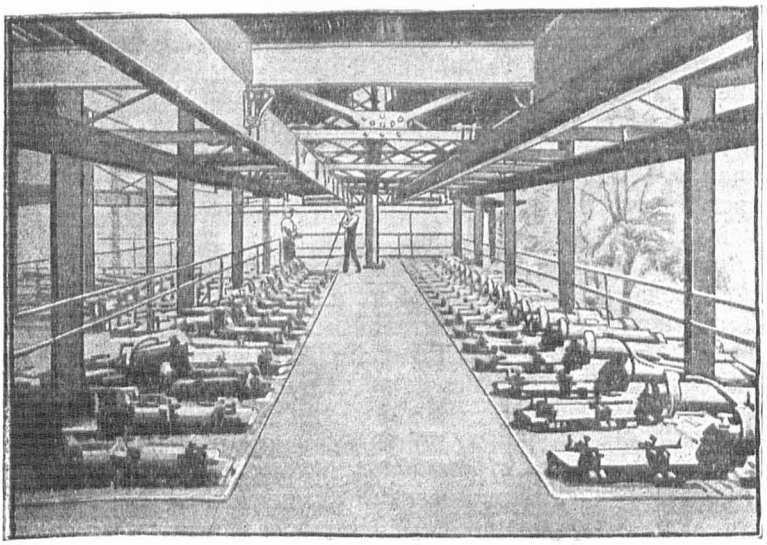


Рис. 8. Платформа батареи № 4 на заводе в Аскерне, с которой производится загрузка угля в реторты. Видны верхушки реторт и газоходы.

Необходимая температура достигается регулированием доступа газа и воздуха; установка снабжена системой регистрирующих пирометров, с помощью которой ведется очень точное наблюдение за процессом.

Каменноугольное масло собирается и сцеживается в большой, находящийся в земле бетонный резервуар, откуда оно течет обратно внутрь питающих резервуаров. Таким образом обслуживается установка, где должна происходить перегонка масла. Здесь масло разделяется на основные фракции, т. е. на легкое, тяжелое и среднее масло, смола же стекает обычным образом в формы. Из продуктов перегонки получаются смолистые кислоты, горючие масла, креозот, масло для дизелей, тежелый бензин для грузовиков и некоторое количество других веществ. Пек, используемый в производстве брикетов или для дорог, представляет собой важный предмет экспорта.

После очистки бензин отправляется на аэродромы для удовлетворения нужд авиации. Этот бензин, характеризующийся очень высоким коэфициентом антидетонации (октановое число 88), является наилучшим горючим, которое можно использовать для всех авиационных моторов. Наконец, к нему не нужно добавлять ни бензола, ни каких бы то ни было смесей.

Насколько успешно развивается потребление моторного топлива, полученного методом полукоксования, видно из того, что фирма «Лоу Темперачюр Карбонизейшен» заключила ряд договоров с контрагентами, как то: с адмиралтейством, министерством авиации, железными дорогами и пр. на поставку своей продукции. Хотя отпускаемые этим контрагентам количества жидкого топлива еще незначительны, однако они непрерывно растут. В частности, по сообщению государственного секретаря по делам авиации Филиппа Сассон, сделанному им в Палате общин, в 1933 г., синтетический бензин потреблялся всего одним авиаотрядом, а в следующем 1934 г. были переведены целиком на снабжение этим видом топлива 7 авиаотрядов, в ближайшем же будущем предполагается перевести на снабжение искусственным жидким топливом еще 17 авиаотрядов. Наряду с этим проводятся испытания по применению моторного топлива, вырабатываемого заводом в Аскерне, в топках подводных лодок. Эти испытания уже дали удовлетворительные результаты. В 1933 г. такие же испытания проводились

в надводном флоте и показали, что искусственное жидкое топливо может здесь применяться без всяких переделок существующих корабельных топок; при этом радиус действия судов даже увеличивается.

Далее имеются также сообщения об организации нового общества с капиталом в 1 млн. фунтов стерлингов, которое ставит своей целью строительство и эксплоатацию в Англии установок для переработки английского угля в моторное топливо. Общество это называется «Нешионал Кокс энд Ойл К⁰ Лимитед».

План нового общества предусматривает строительство установок по полукоксованию каменного угля в следующих пунктах: в Бельведере (в окрестностях Лондона), в Лидс-Эдинбурге, Глазго, Ньюкестле, Манчестере и Кардифе, причем для постройки заводов в Эдинбурге, Глазго и Манчестере уже выбраны площадки и вскоре будет приступлено к строительным работам.

Несмотря на такие широкие планы развития процессов полукоксования в Англии до сих пор не получил еще окончательного решения вопрос о том, какой путь получения искусственного жидкого топлива следует считать наиболее выгодным в английских условиях: полукоксование или гидрирование.

В Англии имеется много сторонников и того и другого решения вопроса. Во всяком случае английский химический концерн «Империал Кемикал Индестрис» пошел по пути гидрирования, и в настоящее время им уже построен в Билингаме большой завод мощностью в 100 тыс. *т* синтетического бензина в год, рассчитанный на переработку (вместе с расходами на энергетику) до 350 тыс. *т* угля. Сооружение завода обошлось концерну в 2,5 млн. фунтов стерлингов. Пуск завода осуществлен в 1935 г. В основу проекта положен процесс «И. Г.», и завод строился при участии германских специалистов-консультантов. Аппаратура же для этого завода, более совершенная, чем в Леуна, полностью изготовлена на английских заводах.

На рис. 9 дается схема опытной установки, построенной концерном «Империал Кемикал Индестрис» в целях обеспечения наиболее эффективных результатов при проектировании и сооружении нового мощного завода в Билингаме. Установка пущена в эксплоатацию в 1930 г. и рассчитана на переработку 15 *т* угля в сутки.

Как видно на рисунке, схема процесса этой установки очень близка к схеме завода «И. Г.» в Леуна, которая приведена была выше при описании процесса по способу Бергиуса, усовершенствованному Бошем. В результате длительных опытных работ, на этой установке в Билингаме удалось достигнуть выходов, соответствующих 616 *кг* бензина из одной тонны переработанного угля.

На основе достигнутых результатов на опытной установке, концерн «Империал Кемикал Индестрис» приступил к использованию их в широком промышленном масштабе, начав сооружение мощного гидрогенизационного завода и положив в основу проекта схему экспериментальной установки.

Здесь следует указать, что в то время как в Германии вопросы полукоксования были разрешены сравнительно легко и освоены довольно быстро благодаря качествам бурых углей, в Англии вследствие особенностей исходного сырья — битуминозных углей, вопросы эти разрешаются значительно сложнее и до сих пор не могут еще считаться вполне разрешенными. Сущность этих трудностей заключается в том, что жирные угли при нагревании претерпевают не только химические, но и физические изменения. При температурах 350—450° С они плавятся, становятся пластичными, затем начинают затвердевать, превращаясь в полукокс. Этот процесс заканчивается при 700° С; при дальнейшем нагревании такие угли превращаются уже в кокс при 900—1 000° С. В первой стадии, т. е. при температуре около 500°, образующийся полукокс начинает увеличиваться в объеме, — явление, известное под названием распирающей способности угля, и затем только при температуре выше 700° С он начинает снова уменьшаться в объеме или, как говорят, происходит усадка образующегося кокса. Момент увеличения объема как раз совпадает с наиболее желательными темпера-

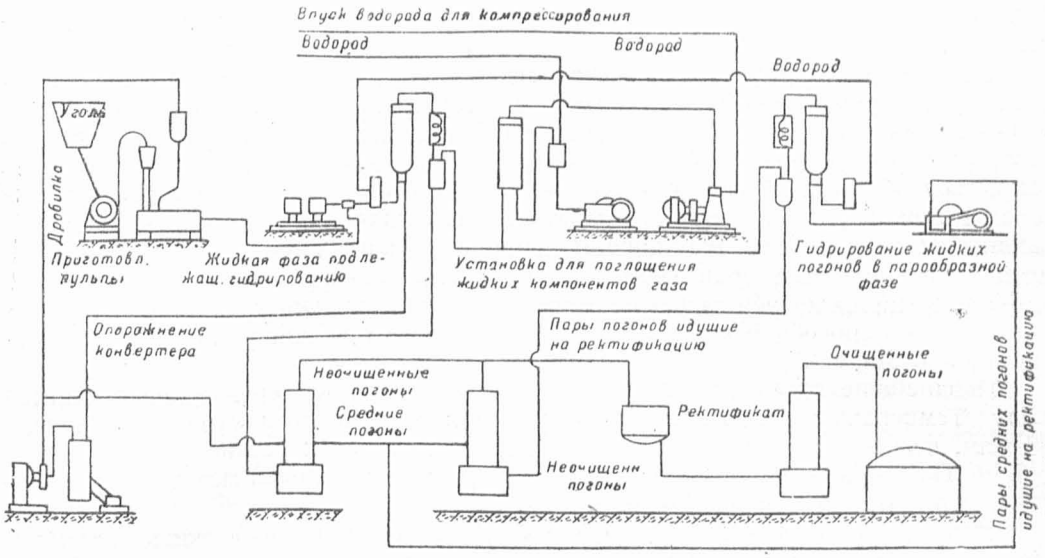


Рис. 9. Схема расположения аппаратуры и циркуляции продуктов на установке для гидрирования угля в Билингаме (Англия).

турами, когда получаются максимальные выхода жидких продуктов и качество полукокса наиболее подходящее. Два свойства битуминозных жирных углей — это переход в пластическую массу и последующее увеличение объема — создают очень большие затруднения для конструктора при разработке типа печи для полукоксования. Это очень ярко отражается в истории развития этой отрасли промышленности в Англии. За время ее существования, начиная с 1906 г., сделано огромное количество предложений разных типов печей и процессов, которые или не осуществлены совсем, или же, поработав недолгий срок, были оставлены как не оправдавшие себя. Для того чтобы избежать явления распирания, предложены способы предварительной обработки угля окислением его воздухом при 200—300°С, но тогда получается полукокс не надлежащего качества, да и самая обработка требует дополнительных затрат как на оборудование, так и на эксплоатацию. Всех этих затруднений не знала Германия при решении той же проблемы с бурыми углями.

В силу этого в Англии в настоящее время успешно работают только установки, построенные по старому патенту Паркера, оборудованные печами, сконструированными еще в самом начале развития этой отрасли промышленности с очень малой производительностью и эксплоатация которых сопряжена с значительными трудностями. Другие же установки, оборудованные новыми печами новых систем, как мы указывали выше, вынуждены были прекратить свою работу вследствие их неэкономичности.

В Канаде, Австралии и в Новой Зеландии также работают установки по полукоксованию. В Австралии в настоящее время разрабатывается проект мощного завода для гидрирования углей и выбирается площадка для строительства.

Другие капиталистические страны Европы значительно отстали в области развития производства искусственного жидкого топлива из угля по сравнению с Германией и Англией. Во Франции и Италии имеется несколько небольших установок по полукоксованию, работающих по системе Иллингворта. В Бельгии также имеется полукоксовальная установка, которая работает по системе Салермо.

Что касается Испании, то имеются сведения, что правительством обсуждался вопрос обеспечения страны бензином на случай войны или блокады и принято

решение организовать переработку битуминозных сланцев в районе Пуэртоллано.

Насколько успешно развивается работа действующих полукоксовальных установок во Франции, Италии и Бельгии, трудно судить вследствие отсутствия точных данных. Однако надо учесть, что большинство из действующих в этих странах систем в свое время уже были испытаны в Англии и вынуждены были закрыться вследствие несовершенства самих методов производства. Доказательством переживаемых в связи с этим трудностей является тот факт, что недавно закончены переговоры между английской фирмой «Лоу Темперачюр Карбонизейшен» и французским обществом «С. А. де-Карбонизасион э де-Дестиллясион де-Комбюстибль» по вопросу о постройке во Франции новых полукоксовальных установок по способу Коалита. Известно, что одна пробная установка уже монтируется в Лане [1].

Позднейшие сообщения говорят о том, что помимо переговоров с фирмой «Лоу Темперачюр Карбонизейшен» французское правительство ассигновало 83 млн. франков для постройки двух полукоксовальных установок в угольном районе Па-де-Кале, каковые должны работать по двум новым методам производства, запатентованным во Франции.

Наконец, в августе 1934 г. директор «Национального бюро жидких топлив» Пино сообщил [2], что во Франции ведутся энергичные исследования в области постановки процессов гидрирования углей как со стороны частных компаний, так и самого государства. В более поздних сообщениях, а именно в марте 1935 г. уже говорится о том, что во Франции в ближайшем будущем будут закончены постройкой две гидрогенизационные установки, рассчитанные на переработку 50 *m* угля в сутки каждая. Эти данные подтверждают, что и во Франции в последнее время начинают придавать особое значение вопросам снабжения жидким горючим и созданию своей независимой базы в этой области. Появившееся же недавно сообщение о том, что поставленные фирмой Монтекатины опыты по гидрированию лигнитов, добываемых из шахт в Ribolla, закончились с благоприятными результатами, показывает, что в Италии многое делается в этом направлении.

Япония. Здесь в последнее время начинают осуществляться широкие планы развития производства искусственного жидкого топлива, каковые по своему размаху едва ли не превосходят все то, что сделано до сих пор другими странами.

Так, например, завод фирмы «Хоккай и Кооль Хидроджинейшен К⁰» уже пущен в эксплоатацию. Мощность завода не сообщается. Общество «Митцубиши Майнинг К⁰» запроектировало строительство завода в Карафуто (угольный район Японии) и ассигновало на это 2 200 тыс. иен; завод будет работать по методу полукоксования и запроектирован мощностью для переработки 10 млн. *m* угля в год.

Общество «Ниппон Электро Индестриэль К⁰» изучает в настоящее время методы производства жидкого топлива как путем полукоксования, так и гидрирования и предполагает строить в Карафуто завод с капиталовложением в 30—50 млн. иен.

Одновременно Корейская азотная компания приступила к постройке мощного завода для гидрирования каменного угля. Со стороны японского правительства обеспечивается субсидия этой компании в размере 170 тыс. иен в течение первого года и 380 тыс. иен в течение последующих 6 лет. Компания предполагает, что в 1936 г. она сможет выработать до 500 тыс. *m* синтетического бензина.

США. Здесь в 1929 г. была построена крупнейшая в то время установка в Новом Брансвиче по способу полукоксования, рассчитанная на переработку

[1] См. «L'industrie chimique» № 240, 1934.
[2] См. «Chem. Trade. J.» № 2465, 1934.

640 *т* угля в день. Кроме того, в США были построены также полукоксовальные установки немецкой фирмой «Лурги». Однако все эти установки в настоящее время либо вовсе бездействуют, либо почти не работают ввиду неблагоприятных экономических условий для развития этого производства в США, в частности вследствие неконкурентоспособности полукокса с другими видами топлива.

Однако в печати появилось сообщение [1], что фирма «Питтсбороу Кооль К⁰» предполагает соорудить полукоксовальную установку по системе Иллингворта.

Вполне понятно, что США, обладая крупнейшими в мире нефтяными месторождениями, в настоящее время пока не особенно заинтересованы в развитии процессов получения жидкого топлива искусственным путем. Поэтому, хотя в США и применяются процессы гидрирования, но пока не по отношению к углям, а к нефти.

III. Экономика производства жидкого топлива из угля

Хотя сообщенные сведения недостаточно полны вследствие скудного освещения этой проблемы в иностранной прессе, однако приведенные выше данные показывают, что производство искусственного жидкого топлива подвигается по пути создания новой мощной отрасли индустрии, вносящей много новых политико-экономических изменений в хозяйственные отношения крупнейших капиталистических стран.

Почти во всех странах вопрос получения искусственного жидкого топлива ставится в масштабе создания новой национальной промышленности. Насколько эта проблема становится актуальной для этих стран, видно хотя бы из того, что в создании этой новой индустрии участвуют как крупнейшие силы концентрированного капитала, так и сами правительства, причем участие правительств выражается не только в создании благоприятных условий для сбыта продукции путем установления заградительных пошлин на импортную нефть (Англия, Германия, Австралия, Япония и др.), но и путем оказания денежной помощи (Япония).

Так, например, бывший премьер-министр Англии Макдональд в оправдание мероприятий правительства по введению преференциальной пошлины для защиты отечественного производства синтетического бензина указал, что эта новая отрасль индустрии должна оказать существенную помощь угольной промышленности страны и уменьшить безработицу.

В действительности же это мероприятие правительства было проведено исключительно в интересах крупных химических концернов, предпринявших сооружение новых мощных заводов синтетического бензина, не могущего пока выдерживать конкуренцию импортной натуральной нефти. Насколько мало соответствует действительности это заявление представителя английского правительства, видно из следующих данных.

Самый мощный вновь сооружаемый завод синтетического бензина в Билингаме рассчитан на потребление не более 365 000 *т* угля в год.

При средней ежегодной добыче британской угольной промышленности в размере 260 млн. *т* это потребление составляет 0,15%, т. е. ничтожную долю угледобычи.

По подсчетам французского журнала «Chimie & Industrie [2]» для добычи 365 000 *т* угля в год требуется в Англии не более 1 400 шахтеров.

Если учесть, что даже по официальным английским данным в настоящее время число рабочей силы в британских шахтах сократилось в связи с кризисом с 1 000 000 до 800 000 человек, т. е. на 200 000 человек, то станет понятным ничтожность эффекта, достигаемого указанными выше мероприятиями английского правительства в смысле сокращения безработицы.

[1] «Chemical Engineering & Mining Review» № 30, 1933.
[2] «Chimie & Industrie» № 4, т. 31, 1934.

Даже, если рассматривать сооружаемый в Билингаме завод синтетического бензина как первый шаг к будущему грандиозному строительству новых мощных заводов с установкой на полное обеспечение потребности всей страны в жидком горючем, каковая потребность составляет примерно 3,3 млн. *т*, то и тогда необходимое для переработки количество угля едва достигнет 13 млн. *т*, т. е. всего 4,5% общей добычи всей британской угольной промышленности. Такая незначительная величина потребности для переработки угля в жидкое топливо едва ли может иметь значение для преодоления кризиса в угольной промышленности Англии [1].

Таким образом проблема организации крупной отечественной индустрии синтетического бензина в капиталистических странах приобрела актуальность не столько в результате сколько-нибудь серьезных экономических преимуществ этого нового вида жидкого горючего по сравнению с натуральной нефтью, сколько в результате растущих автаркических устремлений крупных империалистических держав, стремящихся обеспечить свою независимую базу моторного топлива на случай новой империалистической бойни.

Во всяком случае решающей силой в деле дальнейшего развития промышленности искусственного жидкого топлива, несомненно, являются интересы мощных химических концернов, поскольку создание такого производства в крупном промышленном масштабе обусловлено необходимостью весьма крупных капиталовложений.

Сама промышленность искусственного жидкого топлива уже в начале своего развития явилась объектом монополии крупнейших капиталистических концернов, каковыми являются английский и германский химические концерны и др. Более того, даже само владение патентами по гидрированию углей стало уже собственностью организованного международного пуля, в который вошли: «Империал Кемикал Индестриз» (Англия), «И. Г. Фарбениндустри» (Германия), «Стандарт Ойл К° оф Нью-Джерси» (США) и «Ройял Шелл Дейтч Ко» (Англия и Голландия).

Какое громадное значение придается вопросу дальнейшего развития промышленности искусственного жидкого топлива, видно из самой истории возникновения указанного международного пуля, ярко описанной одним из представителей английских интересов в этом пуле в журнале «Times Trade & Engineering Supplement». Здесь мы приводим наиболее интересные моменты из сообщенных Джилмором.

В начале 1921 г. некий Дидерих, связанный с крупными английскими фирмами, сообщил Джилмору о том, что ряд влиятельных германских капиталистов уже затратил значительные суммы (несколько миллионов золотых марок) на финансирование работ Бергиуса по гидрированию каменного угля. Дидерих также указал, что в Рейнау (Германия) уже работает небольшой опытный завод под непосредственным руководством Бергиуса, вырабатывающий ежедневно 30 *т* жидкого топлива из угля.

В связи с этой информацией Дидериха Джилмор совместно с главой специального Нефтяного департамента Джоном Кадмэном привлекли внимание английских правительственных органов к работам Бергиуса, в результате чего Бергиус (по официальному разрешению Английского министерства иностранных дел) прибыл в Лондон в июне 1921 г. и имел длительные беседы с упомянутым Джоном Кадмэном и другими представителями правительства. Таким образом уже в период возникновения промышленных перспектив для работ Бергиуса они попали сразу в орбиту внимания международного капитала.

---

[1] Приведенные соображения относятся к процессу гидрирования. Что касается процесса получения жидкого топлива путем полукоксования, то он действительно мог бы способствовать значительному росту потребления каменного угля. Однако его развитие сталкивается с другими серьезными затруднениями в том смысле, что он влечет за собой одновременное получение такого громадного количества побочных продуктов, какое едва ли может быть поглощено рынком (см. ниже соображения проф. Бона по данному вопросу).

Между тем примерно в это же время в Германии образовалось специальное акционерное общество при участии указанных выше германских фирм и самого Бергиуса. Это новое общество имело своей целью, с одной стороны, обеспечить финансирование дальнейших работ Бергиуса, с другой стороны — закрепить монополию германского капитала на использование процесса Бергиуса как в пределах Германии, так и в других странах. Однако для использования процесса Бергиуса вне пределов Германии уже тогда допускалась возможность и даже желательность участия негерманских капиталистических групп.

К моменту переговоров Бергиуса с английскими группами новое германское акционерное общество уже заключило соглашение с крупнейшей мировой нефтяной группой «Ройяль Дейч Шелл» и передало последней опсион [1] на получение более 50% прибылей от реализации метода Бергиуса за пределами Германии. Таким образом в дело финансирования работ Бергиуса был вовлечен мировой нефтяной капитал.

После беседы Бергиуса с английской группой упомянутый Джон Кадмэн по согласованию с Чарльзом Гринвеем (председатель Англо-Персидского нефтяного о-ва) попытался договориться с Германским обществом об уступке британскому капиталу опсиона на реализацию метода Бергиуса в Англии, Персии, Египте и других странах, находящихся под контролем английского капитала. Однако эти переговоры затянулись и не увенчались успехом, что объясняется, очевидно, противодействием «Ройял Дейч». Здесь совершенно очевидно выступает на сцену борьба интересов мировых нефтяных концернов, стремящихся захватить в свои руки зарождающуюся новую отрасль индустрии как потенциального конкурента нефти.

Однако стремление английского капитала к захвату известных прав на метод Бергиуса на этом не пресеклось. Вскоре Бергиус вступил в близкое научное сотрудничество с известным ученым Орманди, через посредство которого удалось организовать в Англии мощную финансовую группу «Бритиш Бергиус Синдикат», в которую вошел ряд крупных газовых, коксовых, химических, сталелитейных и угольных предприятий, объединяющих капитал в 100 млн. фунтов стерлингов. Эти предприятия подписались на участие в финансировании работ Бергиуса в размере 23 000 фунтов стерлингов. Вслед за этим Альфред Монд, возглавляющий английский химический концерн, подписался на 10 000 фунтов стерлингов и закрепил таким образом за собой контроль над новым синдикатом. В дальнейшем Английский химический концерн скупил у других участников синдиката их акции и закрепил за собой монопольное право на эксплоатацию метода Бергиуса в Англии. Значительные успехи Бергиуса в области промышленного применения его метода в Германии и дальнейшее развитие в промышленном масштабе нового метода гидрирования углей в Англии не могли не привлечь внимания международного капитала, поскольку эта новая индустриальная отрасль затрагивает интересы нефтяного капитала и вместе с тем является для ряда стран возможной базой для создания собственных источников жидкого топлива.

Таким образом в результате длительных закулисных переговоров и упорной борьбы между отдельными мощными капиталистическими группами в 1930 г. в Гааге образовался международный пуль под названием «Интернэшионал Хидроджинэйшен Патент Лтд», который владеет монопольным правом эксплоатации патента Бергиуса во всем мире.

Самый состав участников этого мощного международного пуля [«Империал Кемикал» (Англия), «Ройял Дейч» (группа Детертинга), «Стандарт Ойл К°» (США), «И. Г. Фарбениндустри» (Германия)] говорит о том, что захват контроля над производством жидкого топлива из угля нефтяными концернами имеет своей

[1] Опсион—договор на уступку каких-либо прав или преимуществ на будущее время на определенный срок.

целью не столько развитие этой новой отрасли промышленности, сколько обеспечение интересов этих концернов на нефтяном рынке.

Насколько серьезно относятся крупнейшие капиталистические державы к проблеме обеспечения отечественной базы жидкого горючего путем создания промышленности искусственного бензина, видно из последних мероприятий в этой области в Германии. В газете «Таймс» от 31 октября 1934 г. сообщается, что в Германии по распоряжению правительства образуется новая мощная ассоциация для производства жидкого горючего из лигнитов.

Это общество, включающее в свой состав 10 крупнейших фирм, среди которых представлены и интересы иностранных капиталов, находится под жестким государственным контролем, «поскольку вопрос получения жидкого топлива из лигнитов не рассматривается как только вопрос экономический».

Акционерный капитал этого нового общества под названием «Браун Кооль-Петроль А. Г.» достигает 100 млн. марок. Предполагаемое же строительство двух новых гидрогенизационных заводов будет стоить примерно 250 млн. марок.

По сообщению «Таймс», на этих новых двух заводах проектируются гидрогенизационные установки по методу «И. Г.», хотя работа самих этих заводов будет протекать совершенно независимо от завода в Леуна.

Производительность новых двух заводов рассчитана в общей сумме на 500 000 *т* жидкого топлива, что дает вместе с выработкой расширенного завода в Ленуа (350 000 *т*) годовую производительность синтетического бензина в 850 000 *т*. Таким образом, если учесть, что ежегодный импорт жидкого топлива в Германии составляет немного более 1 млн. *т*, то с осуществлением намеченной программы строительства новых гидрогенизационных заводов, т. е. к 1937 г., Германия в кратчайший срок становится почти независимой страной в отношении обеспечения своей потребности в жидком горючем.

В большинстве стран, ставших на путь производства жидкого топлива из каменного угля, самый вопрос о целесообразности развития такого производства вызывает бурные дискуссии. Дискуссии развертываются не только вокруг вопроса, какой же предпочтительно выбрать метод производства, но в особенности вокруг вопроса о целесообразности развития производства искусственного жидкого топлива, себестоимость которого в несколько раз превышает нынешние цены на импортируемое жидкое горючее. И действительно, при цене импортного бензина фоб Гамбург в 5—6 пф. за литр стоимость синтетического бензина, полученного на заводах Леуна, достигает 20 пф. По расчетам «Империал Кемикал Индестрис» стоимость 1 галлона синтетического бензина на заводе в Билингаме обойдется не менее 9 пенсов, т. е. в 3 раза дороже, чем импортный бензин по цене сиф любой английский порт. Такое же примерно соотношение цен для бензина из нефти и синтетического бензина получается и для Франции, если считать, что себестоимость литра синтетического бензина во Франции составит 1,2—2,0 франка, т. е. в 5—9 раз дороже цены импортного бензина сиф французский порт.

Поэтому в качестве главных аргументов против производства искусственного жидкого топлива, особенно путем гидрирования, выдвигаются следующие: 1) потребитель вынужден будет значительно переплачивать на горючем; 2) казна лишается значительных сумм, поступающих в виде пошлины за импортный бензин.

Однако следует учесть, что в развитии производства жидкого топлива из угля правительства капиталистических стран руководятся не столько интересами потребителей, сколько стремлением обеспечить свой флот, авиацию и армию на случай войны и блокады необходимыми ресурсами жидкого горючего.

С этой точки зрения развитие производства искусственного жидкого топлива следует рассматривать как неизбежную необходимость. Одновременно учитывается ограниченность нефтяных запасов, которые, по мнению некоторых авторов, могут обеспечить потребность мирового хозяйства при существующих нормах

ее потребления не более чем на 35—40 лет. В этом смысле и высказывается большинство сторонников переработки углей в жидкое топливо. Однако даже при учете указанных соображений, выдвигающих на первый план объективную неизбежность развития этой новой индустрии, экономические причины остаются в силе, доказательством чему могут служить хотя бы такие примеры, что в некоторых странах полукоксование не развивается и вынуждено уступить место гидрированию.

Рассмотрение экономических факторов, влияющих на тот или иной путь развития процессов производства жидкого топлива из угля, представляет большой интерес и может ориентировать нас в известной мере при разработке проблемы искусственного жидкого топлива в СССР.

Полукоксование. Выше уже указывалось, что наибольших успехов процесс полукоксования достиг в Англии. Наоборот, в США и в Германии большинство полукоксовальных установок вынуждены были остановиться.

Каковы же причины, которые благоприятствуют успешному развитию процессов в Англии?

Для выяснения этого вопроса интересно сопоставить проектные данные для процессов полукоксования в условиях Англии и США [1] (табл. 7).

Таблица 7

	Стоимость полукоксования в пересчете на 1 *m* карбонизированного угля при переработке 1 000 *m* угля в сутки			
	в Англии		в США	
	шиллинги	пенсы	шиллинги	пенсы
Стоимость угля . .	10	—	8	4
Стоимость переработки на 1 *m* карбонизирован. угля	5	7	8	3,5
Итого . . .	15	7	16	7,5

В том и другом случае данные относятся к установкам одинаковой мощности, рассчитанным на переработку 1 000 *m* битуминозного угля в день, причем при расчетах выхода продукции были приняты во внимание особенности американских и английских битуминозных углей, а также и цены на конечную продукцию по условиям соответствующих рынков, т. е. английского и американского.

Рыночная стоимость продуктов, получаемых на 1 *m* карбонизированного угля в Англии, такова:

Полукокс . . . . . 0,7 *m* по 31 шил. 6 п. за 1 *m* = 22 шил. 0,5 п.
Смола . . . . . 18 галл. по 2 п. за 1 галл. = 3 шил. —
Легкие погоны 2 галл. по 1 шил. 3 п. за 1 галл. = 2 шил. 6 п.

Итого . . . 27 шил. 6,5 п.

Рыночная стоимость продуктов, получаемых на 1 *m* карбонизированного угля в США:

Полукокс . . . . 0,6 *m* по 20 шил. 10 п. за 1 *m* = 12 шил. 6 п.
Смола . . . . . 25 галл. по 3,6 п. за 1 галл. = 7 шил. 6 п.
Газ . 4 000 куб. фут. по 10 п. за 1 000 куб. фут. = 3 шил. 4 п.

Итого . . 23 шил. 4 п.

[1] Данные приведены на основании расчетов, сообщенных в журнале «Iron and Coal Trades Review» № 3423, 1933.

Отсюда мы получим следующие результаты:

	Для Англии	Для США
Стоимость процесса	15 шил. 7 п.	16 шил. 7,5 п.
Рыночная стоимость продукта .	27 шил. 6,5 п.	23 шил. 4 п.
Итого дохода . . .	11 шил. 11,5 п.	6 шил. 8,5 п.

Преимущества английских условий перед американскими заключаются в более низкой оплате труда. Благодаря этому и стоимость сооружения установки и последующая ее эксплоатация в Англии требуют значительно меньших затрат, чем в США. Например, для постройки установки мощностью в 500 *m* угля в сутки в условиях США требуется 251 800 фунтов стерлингов, а для Англии — только 167 800 фунтов стерлингов.

Однако главное условие большей рентабельности процесса полукоксования в Англии заключается в значительно более высокой рыночной цене на получающийся полукокс, чем в США.

Дело в том, что вследствие большой влажности в атмосфере над Британскими островами дым из труб не уходит вверх, а садится вниз, покрывая целые города угольной пылью настолько, что, подъезжая к ним, начинаешь различать здания только на очень близком расстоянии. В силу этого вопрос о необходимости замены обычного битуминозного угля, который при горении в каминах или плитах сгорает с большим выделением копоти и дыма, другим видом топлива для домашних целей давно уже поставлен в порядок дня и почти не сходит со страниц печати.

Получающийся в результате полукоксования полукокс и представляет собою бездымное топливо, получившее название «коалит», которое и удовлетворяет вышеуказанным требованиям. Поэтому английский потребитель и соглашается платить за него более высокую цену, чем американский или германский, поскольку в последнем случае условия совершенно не требуют употребления для домашнего обихода такого дорогого топлива, каким является «коалит», спрос на который в этих странах почти совершенно отсутствует. И этим в основном и объясняется малая успешность развития процессов полукоксования в США и в Германии. Вообще следует иметь в виду, что процесс полукоксования может быть выгоден в том случае, когда все получающиеся в результате продукты, как то: газ, смола, полукокс и бензин, находят себе сбыт. В противном случае процесс становится коммерчески невыгодным. Насыщенность германского рынка в основном всеми продуктами, получающимися при полукоксовании, исключая бензин, ставит под сомнение на ближайший период возможность успешного развития процессов полукоксования.

Гидрирование. В этом отношении процесс гидрирования представляет несравненные преимущества. В результате этого процесса не получается твердого остатка в виде полукокса, требующего для себя рынка сбыта, а весь уголь, за исключением зольного остатка, переходит в жидкое состояние, т. е. переходит почти целиком (на 80%) в тот именно продукт, для получения которого в основном и производится весь технологический процесс. Чем же объяснить, что в то время как установки по полукоксованию, как мы видели, имеются во многих странах, действующие заводы для гидрирования угля имеются пока только в Германии, Японии и Англии.

Сравнительно небольшое пока распространение заводов для гидрирования угля прежде всего следует отнести за счет новизны дела. Вполне освоенным производство синтетического бензина путем гидрирования можно считать пока только в Германии; в других же странах, в частности и в Англии, процесс еще не вышел за пределы экспериментирования.

Выше уже указывалось, что патенты на гидрирование углей находятся в монопольном владении организовавшегося международного пуля, что также, несомненно, влияет замедляющим образом на распространение этого процесса.

Важным моментом, несомненно, ограничивающим быстрое распространение нового процесса получения синтетического бензина, является также высота единовременных капиталовложений.

В то время как оборудование полукоксовальной установки средней мощностью 500—1000 *m* угля в сутки обходится в 160—200 тыс. фунтов стерлингов, оборудование гидрогенизационного завода в Биллингаме обошлось в 2,5 млн. фунтов стерлингов; переоборудование и реконструкция заводов в Леуна— в 40 млн. марок и т. д., т. е. требует таких размером капиталов, ассигнование которых под силу только таким капиталистическим гигантам, какими являются английский и германский химические концерны.

Наконец, в определенных условиях процесс получения жидкого топлива путем полукоксования может быть значительно более выгодным, чем процесс гидрирования, и в этом случае предприниматели предпочитают держаться первого процесса.

Английская фирма «Лоу Температюр Карбонизейшен К⁰ Лтд» опубликовала[1] сравнительные данные эффективности капиталовложений на полукоксовальные установки и на установки дли гидрирования; эти данные представляют большой интерес даже в том случае, если допустить, что как конкурент гидрогенизационных установок фирма несколько преувеличила сравнительную рентабельность полукоксовальных установок. В основу исчислений фирма приняла вложенный капитал в 2,5 млн. фунтов стерлингов, т. е. стоимость построенного в Биллингаме завода для гидрирования углей.

Таблица 8

	Полукоксование	Гидрирование
Вложенный капитал	2 500 000 ф. ст.	2 500 000 ф. ст.
Мощность заводов в пересчете на переработку в год каменного угля	2 500 000 *m*	350 000 *m*
Продукция переработки:		
Полукокс 1,7 млн. *m*	2 625 000 ф. ст.	—
Горючие масла 40 млн. галл. . .	416 666 „ „	—
Бензин 7 млн. галл.	525 000 „ „	30 млн. галл.
Газ 75 млн. терм.	937 000 „ „	2 250 000 ф. ст.
Итого продукции . . .	4 504 166 ф. ст.	2 250 000 ф. ст.

Таким образом на один и тот же затраченный капитал в процессе полукоксования получается продукции на сумму, в 2 раза большую, чем при гидрировании. Однако следует помнить, что расчеты фирмы будут правильны только в том случае, если для всех продуктов, получающихся при полукоксовании, имеется рынок сбыта; в противном случае, например, для Германии этот расчет будет уже не верен.

Далее, если основною целью всего процесса рассматривать получение синтетического бензина, то, как видно из таблицы, при одной и той же сумме затраченного капитала и при переработке количества угля, в 8 раз меньшего, чем при полукоксовании, гидрирование дает бензина в 4 раза больше.

Последнее обстоятельство, надо думать, и сыграло значительную роль в пользу процесса гидрирования как в Германии, так в конечном счете и в Англии.

Несмотря даже на большую рентабельность процесса полукоксования, особенно в условиях Англии, если пойти по этому пути для создания промышлен-

[1] «The Colliery Guardian» № 3487, 1933.

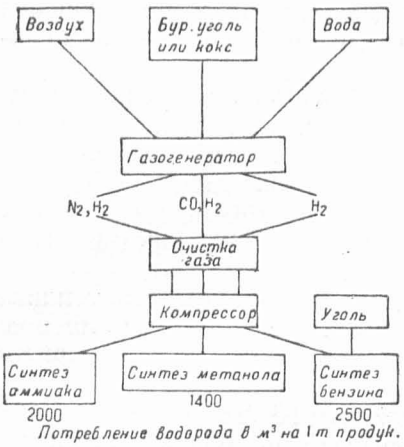


Рис. 10. Схема синтеза аммиака, метанола и бензина на заводе «И. Г.» в Леуна.

ности искусственного жидкого топлива, обеспечивающего интересы страны в напряженных условиях военного времени, то по подсчетам профессора В. Бона (Имперский колледж науки и технологии в Лондоне) пришлось бы ежегодно подвергнуть полукоксованию до 50 млн. *т* угля, что является цифрой по его мнению почти фантастической. Далее, перевозка получающегося при этом громадного количества полукокса, обладающего значительно меньшей плотностью, чем каменный уголь, составила бы громадные затруднения для железных дорог и для городов, особенно крупнейших центров.

Кроме того, при таких размерах полукоксования получается такое огромное количество побочных продуктов, что полное использование последних вряд ли оказалось бы возможным.

Особым достоинством процессов гидрирования углей является возможность комбинирования производства синтетического азота с производством синтетического бензина.

Возможность столь тесного комбинирования этих производств базируется на сходном процессе гидрогенизации, различающемся лишь в том, что соединение водорода происходит либо с углеродом, либо с азотом, в зависимости от направления процесса на получение бензина или азота.

Оба процесса осуществляются с применением высоких давлений примерно одинаковой силы.

На практике это дает возможность приспособлять существующие установки по синтезу азота для получения бензина путем гидрогенизации каменного угля, что конкретно уже осуществлено на рурских азотных заводах.

Особый интерес в данном случае представляют работы, проделанные на заводе «И. Г.» в Леуна, о чем сообщает проф. Карл Бош в своем докладе, сделанном в Норвежской академии наук в Осло 6 октября 1933 г. [1].

Как сообщает Бош, за последние десять лет на заводах «И. Г.» разработаны три крупных технических процесса:

1) Гидрирование азота в аммиак.

2) Гидрирование окиси углерода в метанол и высшие спирты.

3) Гидрирование угля, нефти и каменноугольной смолы в бензин.

Хотя упомянутые три метода имеют ряд общих точек соприкосновения, все же различие реакций ставит новые проблемы, имеющие серьезное значение для техники гидрирования.

На рис. 10 дается схема производства, объединяющая синтезы аммиака, метанола и бензина на заводе в Леуна.

Из схемы видно, что во всех трех случаях мы имеем одни и те же исходные материалы, а именно: воздух, пар и бурый уголь или кокс, из каковых получается водород для всех трех процессов.

В дальнейшем же процессе производства полученный водород применяют для синтеза аммиака с азотом, для синтеза метанола — с окисью углерода и для гидрирования угля — без всяких примесей.

Очистка газа применяется во всех трех случаях, но способы очистки различны в зависимости от требуемой чистоты водорода или же смешанных газов.

[1] «Die chemische Fabrik» № 1/2, стр. 1—10, 1934.

Равным образом каждый из трех указываемых здесь синтезов требует для своего осуществления решения специальных вопросов в смысле подыскания подходящих катализаторов и специальных материалов для аппаратуры каждого синтеза в отдельности.

Проф. Бош приводит в своем докладе интересную таблицу, резюмирующую многосторонние различия в осуществлении указанных трех методов синтеза. Эта таблица вначале характеризует необходимые для проведения синтеза газы, составные части которых имеют решающее значение при выборе того или иного метода получения водорода; затем приводятся вредные составные части, определяющие способ очистки газа; далее указываются нежелательные составные части, которые концентрируются в круговом процессе синтезов и влекут за собой нежелательные потери водорода.

Таблица 9

Гидрирование	Газ для синтеза			Катализаторы		Материал должен быть стоек против
	необход.	вредн.	нежелат.	Задачи	Основное вещество	
Синтез аммиака	H_2 N_2	CO H_2S	C_xH_y	Ускорение реакции	Металлич.	H_2 и температуры
Синтез метанола	H_2 CO	H_2S	C_xH_y N_2	Ускорение реакции и направл.	Окисел	H_2,CO и температуры
Синтез бензина	H_2	—	C_xH_y N_2 CO	Связывание водорода, направление реакции и стойкость против серы	Сернистое	H_2,H_2S температуры и давления

В столбце катализаторов показаны последовательно повышающиеся требования от синтеза аммиака к синтезу бензина, а именно: от ускорения реакции и затем дополнительно направления реакции до многосторонних требований к катализаторам для третьего синтеза.

В связи с этим при разработке аппаратуры для этих трех синтезов различие материалов обусловливает для каждого метода особые задачи как в конструктивном, так и в материально-техническом отношении.

При этом наиболее повышенные требования должны быть предъявлены к материалам для аппаратуры синтеза бензина, к каковым материалам предъявляются требования сопротивляемости в отношении высоких температур и одновременно стойкости против действия водорода и сероводорода.

Однако, несмотря на все указанные трудности, эти проблемы нашли свое разрешение в лабораториях «И. Г». и практически осуществлены на заводе в Леуна, где, по сообщению проф. Боша, достигнуто комбинирование всех трех синтезов в крупном промышленном масштабе на единой базе гидрирования.

Таким образом создание крупной промышленности искусственного жидкого топлива может базироваться на способе гидрогенизации твердого топлива с наибольшим экономическим эффектом. Однако процессы полукоксования могут, несомненно, найти благоприятную экономическую базу при наличии соответствующих условий, охарактеризованных выше.

В частности, на примере Японии мы видим развитие крупного строительства новых установок по производству искусственного жидкого топлива по обоим способам: гидрирования и полукоксования.

Как видно из приведенных данных, производство жидкого топлива из угля весьма быстро и успешно завоевывает сильные позиции в технике и промышленности капиталистических стран.

Независимо от побудительных причин, толкающих крупнейшие капиталистические страны в условиях экономической депрессии по пути создания этой новой отрасли промышленности, наша социалистическая экономика открывает самые широкие перспективы для развития производства синтетического жидкого топлива.

Огромные сырьевые ресурсы нашей страны, особенно сибирские залежи сапропелитов и богхедов, ожидают своего эффективного использования для создания новых источников моторного топлива в целях обеспечения растущей потребности в нем этих новых индустриальных районов.

Производство искусственного жидкого топлива имеет все основания в условиях нашей социалистической экономики стать новым мощным источником растущей моторизации нашего сельского хозяйства, дополняющим наши нефтяные ресурсы и освобождающим транспорт от непроизводительных дальних перевозок жидкого горючего по необъятным пространствам Советской страны.

Литература

«Chemical Tr. Journal» № 2409, 11, 12, 13, 18, 24, 31, 1933.
«Chemical Tr. Journal» № 2434, 38, 40, 41, 42, 50, 51, 52, 65, 68, 1934.
«Fuel in science & practice» № 1, 5, 7, 1934.
«Gas Journal» № 3729, 1934.
«The Colliery Guardian» № 3758, 87, 97, 3802 и 3, 1933; № 3819, 1934.
«Iron & Coal Trade Review» № 3423, 1933.
«Chemistry & Industry» № 27, 1931, 588—591.
«Chemical Age» № 735, 736, 1933.
«Chemical Engineering & Mining Review» 301, 3, 1933; 308, 1934.
«Industrial & Engineering Chemistry» № 2, 1934.
«Chem. & Metal Engineering», Sept. 1930 u. Febr. 1935.
«Industrial & Engineering Chemistry N. E.» № 4 и 12, 1934.
«Berliner Börsen Courier», 29/VIII, 1930.
«Vossische Zeitung», 28/I, 1934.
«Die Chemische Fabrik» № 1—2, 1934.
«Ztschr. f. Ang. Chem.» № 21, 1930.
«Chimie & Industrie» № 3, 4 и 5, 1934 и № 1, 1935.
«L'Industrie Chimique» № 238; 1933; № 240, 41, 49, 1934.
«L'Industria Chimica» № 1, 1934.
«Times», 31/X 1933.
«Американская техника» № 2, 1934.

Академик Василий Петров

(К столетию со дня смерти первого русского электротехника)

I

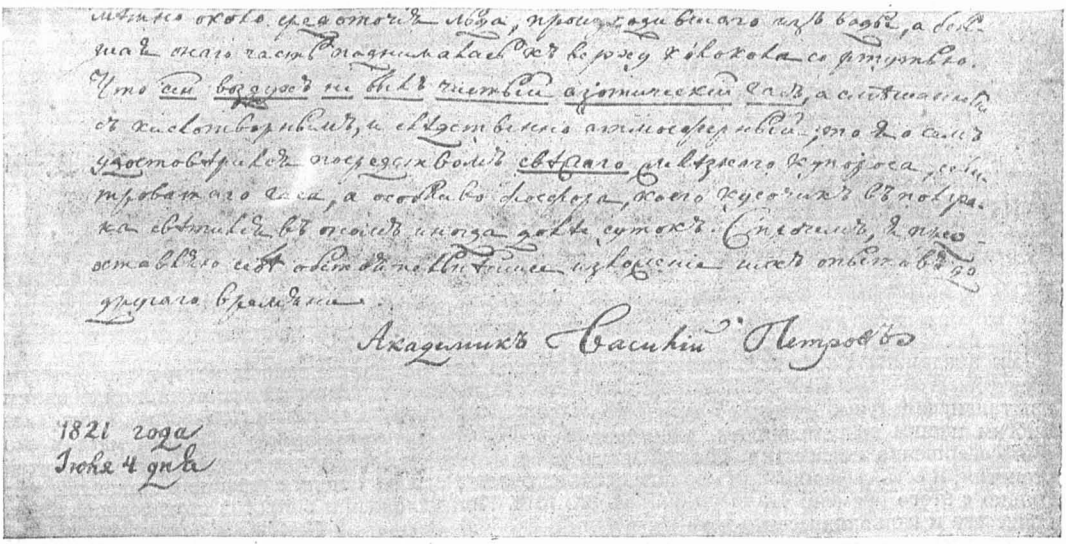
Имя академика Василия Владимировича Петрова, замечательные работы которого в области электричества дают нам полное право считать его первым русским электротехником и одним из талантливейших физиков-экспериментаторов прошлого столетия, известно очень немногим нашим современникам, работающим в области электротехники; широким массам это имя совершенно неизвестно. Петров и его работы были в забвении в течение трех четвертей столетия, и есть сведения [1], что об интересных трудах Петрова узнали случайно в конце XIX в.; только с этого времени стали упоминать его имя. При изложении вопросов статического электричества и гальванического тока помещали в скобках ссылки на Петрова в целях соблюдения «исторической справедливости». Такие указания имеются в статьях и мемуарах выдающихся русских профессоров физики прошлого столетия И. И. Боргмана и Ф. Ф. Петрушевского. Лишь в советский период стали уделять должное внимание жизни и деятельности Петрова: его работы изучаются в Институте истории науки и техники в Ленинграде, а в Москве, в связи со столетием со дня смерти Петрова, Всесоюзный энергетический комитет образовал специальную бригаду, изучившую по первоисточникам идеи и опыты Петрова. На особом заседании комитета были заслушаны отчеты о результатах изучения трудов Петрова и доклады о современном состоянии тех отраслей электротехники, о которых Петров писал как о возможных областях применения «гальвани-вольтовской жидкости», как например о вольтовой дуге как источнике света, об электрометаллургии и электрической сварке металлов.

Петрову при жизни не удалось добиться должного внимания к своим опытам и к тем открытиям, которые им были сделаны в области электричества. Это имеет свое объяснение. Современная Петрову отсталая промышленность, состоявшая из мануфактур и примитивно оборудованных предприятий горного промысла, применявшая без ограничения подневольный труд крепостных, не нуждалась во всем том, что могло бы принести развитие и осуществление идей, высказанных Петровым. В таких условиях Петров вынужден был оставаться только кабинетным ученым. Его великие идеи не выходили за пределы ученых записок, за стены «физического театра», как в то время именовались лаборатории физики. Идеи Петрова больше чем на полстолетия опередили возможность их использования. Они были забыты. Биографические данные показывают, что Петров как физик и ученый пользовался высоким авторитетом в глазах современников: он был членом Академии наук, состоял почетным членом заграничных научных ассоциаций. Но Министерство внутренних дел, ведавшее Медико-хирургической академией, в которой протекала вся деятельность Петрова, смотрело на него как на чиновника, и в некоторый момент «сверх всякого чаяния» Петров был уволен в отставку по причинам, установить которые сейчас весьма затруднительно. Это увольнение последовало тогда, когда значение работ Петрова было осознано учеными, когда по размаху своих экспериментов Петров опередил многих знаменитых европейских физиков. Нечего говорить о том, что смерть Петрова официальными кругами была встречена равнодушно. Насколько основательно был забыт Петров, видно, например, из того, что в журнале «Электричество» за 1884 г., когда исполнилось 50 лет со дня смерти Петрова, совершенно нет никакого упоминания об этой годовщине; между тем этот журнал относился с особым вниманием ко всем историческим и юбилейным датам в области электротехники и не оставлял без упоминания ни одного сколько-нибудь значительного события, оказавшего влияние на развитие электротехники.

Конференция Академии наук после смерти Петрова, отдавая должное его научным заслугам, вынесла постановление о сооружении надгробного монумента. Это постановление, однако, не было выполнено. По некоторым данным через год, в 1835 г., конференция приняла новое решение «почтить память ревностнейшего из бывших сочленов и полезную его при Академии службу другим приличным способом». Есть основание полагать, что и это постановление не было выполнено, и академик Петров оказался в числе забытых очень скоро после своей смерти.

---

[1] А. А. Кузнецов, Электрические источники света, способы их исследования и применения, СПБ 1904, стр. 166—168.



1821 года
Июня 4 дня

Академикъ Василий Петровъ

Автограф акад. В. В. Петрова (получен из Ин-та истории науки и техники Академии наук).

По свидетельству проф. Н. Егорова [1] имя Петрова в 1892 г. было присвоено центральному электромашинному зданию, построенному при Военномедицинской академии для электрического освещения зданий академии, клиник и соседних казенных строений. Была установлена соответствующая мемориальная доска. Но после перехода на потребление городского тока эта маленькая электростанция была упразднена, и единственный памятник Петрову оказался затерянным.

II

Биографические сведения о Петрове довольно скудны. Он родился 8 июля 1761 г. (ст. стиля) в маленьком городке Обояни (ныне Курской обл.) в семье приходского священника. С детства Петров отличался пытливостью ума и очень рано стал интересоваться причинами многих явлений природы, которые ему приходилось наблюдать. Способного мальчика после начального обучения грамоте у дьячка в церковной школе отвезли в Харьков и поместили в коллегиум, тогдашнюю высшую школу Слободской Украины. Занятия в этой школе не удовлетворяли Петрова, и, не окончив курса наук в коллегиуме, он переезжает в Петербург и поступает для продолжения образования в учительскую семинарию. О годах его учения в коллегиуме и семинарии известно мало; в 1788 г., не окончив курса наук, Петров по собственному желанию принимает назначение на должность учителя математики и физики в Колыванско-Воскресенском горном училище в г. Барнауле (Сибирь). Барнаул уже тогда представлял собою центр весьма богатого горнозаводского района — Алтая. В Барнауле в то время были еще свежи воспоминания о берг-механике Иване Ползунове, который много лет трудился над построением парового двигателя, не встречая никакой поддержки или помощи. Условия, в которых протекала работа Петрова в горном училище, повидимому, мало отличались от тех условий, которые были характерны для времени работы Ползунова, и Петрову не удалось здесь развернуть своей научной деятельности и поставить те опыты, о которых он мечтал. Однако постановка преподавания в горном училище по физике и математике была весьма хорошей, и после пятилетней работы в качестве учителя Петров получает назначение в Петербург на такую же должность в Медико-хирургическое училище при главном сухопутном госпитале. С 1793 г. непрерывно в течение 41 года

[1] См. Энциклопедический словарь Брокгауз и Эфрон, т. 23, стр. 460.

Петров был связан по педагогической работе с Медико-хирургической академией, преобразованной из упомянутого училища. Здесь же протекла большая часть работы Петрова как экспериментатора. Им был создан физический кабинет, которым он заведывал почти до самой смерти, систематически пополняя его приборами и инструментами и расширяя в нем опытную работу. Кроме Медико-хирургической академии им велись занятия по физике в Академии художеств и во 2-м кадетском корпусе.

Здесь, в столице, Петров немедленно по приезде начал весьма усиленно работать и уже в 1801 г. опубликовывает большой том физико-химических опытов и наблюдений, материал которых базируется на чрезвычайно большом числе экспериментов. В 1803 г. Петрова избирают в число корреспондентов Академии наук, в 1807 г., по предложению академика В. Крафта, он избирается в число действительных членов Академии наук, и в этом звании он состоит до самой своей смерти (его преемником по Академии наук был известный физик Ленц). 27 августа 1808 г. на торжественном заседании Медико-хирургической академии, посвященном учреждению нового положения о ней, в присутствии Александра I было оглашено высочайшее повеление о присвоении четырем профессорам академии, в том числе и Василию Петрову, звания академиков Медико-хирургической академии; в 1810 г. профессор и директор Эрлангенского физико-медицинского общества Гарлес известил Конференцию Медико-хирургической академии о том, что Василий Петров избран в число почетных членов этого общества за свои крупные научные заслуги. В феврале 1833 г., как уже ранее было указано, Петров неожиданно был уволен в отставку с пенсией 5 000 руб. в год, которую ему недолго суждено было получать: 22 июля 1834 г. (ст. стиля) Петров скончался. Последние годы своей жизни Петров страдал катарактой обоих глаз, что лишило его трудоспособности, но до самого дня отставки Петров продолжал посещать лабораторию и интересовался ее работами.

Вот краткие сведения биографического порядка о Василии Петрове.

III

Хотя работы Петрова относятся к различным разделам физики и химии, однако наибольший интерес он проявлял к явлениям электрическим и к горению тел. Можно установить следующую последовательность работ Петрова: за последние годы XVIII в. (1793—1800 гг.) он преимущественно вел исследования в области горения тел и других химических вопросов. Эти работы описаны в его мемуаре: «Собрание физико-химических новых опытов и наблюдений» [1], изданном в 1801 г. В течение следующих 3—4 лет он работал почти исключительно над вопросами статического электричества и гальванизма. Два его последующих мемуара полностью посвящены электрическим явлениям. В последующие годы Петров продолжал работать в области электричества, углубляя свои более ранние работы, но одновременно вел исследования других явлений, например сжигания различных веществ в инертных газах при помощи зажигательных зеркал, раскалывания камней с помощью деревянных клиньев, смоченных водою, разрывания металлических трубок помещенными в них смоченными и набухающими бобовыми зернами и др. Для нас наибольшее значение имеют работы Петрова по изучению электрических явлений, а также его взгляды на сущность химических явлений, в частности, горения и окисления. Поэтому интересно вкратце коснуться того, в каком состоянии находилась наука об электричестве и каковы были основные взгляды в области химических явлений в то время, когда Петров проходил курс высших наук и приступал к самостоятельной научной работе. К этому времени учением об электричестве заинтересовались очень многие ученые, и сведения из области электрических явлений были довольно значительны. Почти два столетия прошло тогда с момента опубликования Гильбертом знаменитой книги «De magnete» (1600 г.), содержавшей описание электрических явлений. За эти полтораста лет непрерывно расширился круг знаний по статическому электричеству: была открыта способность многих материалов электризоваться от трения, обнаружено отталкивание одноименных зарядов, открыто различие между проводниками и непроводниками. Были построены первые электрические машины трения, правда, еще весьма примитивной конструкции, но уже пригодные для получения довольно значительных зарядов и их исследования. Была построена лейденская банка и исследованы ее свойства. Продолжавшийся в течение многих лет спор о существовании одной или двух электрических жидкостей уже бесповоротно решился в пользу теории двух жидкостей, когда Кулон (1785—1788 гг.) установил на основе этой теории количественное выражение для силы взаимодействия, возникающей между двумя наэлектризованными массами. В средине XVIII в. были произведены важные открытия и в области атмосферного электричества: в 1753 г. Веньямин Франклин опубликовал теорию громоотвода и показал, что молния перестает действовать разрушительно, если ее отвести в землю при помощи металлического проводника.

Что касается химии, то в период, непосредственно предшествовавший деятельности Петрова, в ней все еще господствовали принципы так называемой флогистической теории. Эта теория была установлена Бехером (1625—1682 гг.) и Сталем (1660—1734 гг.). До них тремя основными элементами, из которых состоят все тела, считались соль, сера и ртуть. Бехер приписывал сере особые свойства. Он считал, что превращение металлов в землистые формы (окислы) и

[1] «Собрание физико-химических новых опытов и наблюдений Василия Петрова, профессора физики при Академиях Санктпетербургской медико-хирургической и свободных художеств». В Санктпетербурге, в типографии Государственной медицинской коллегии, 1801 г.

образование серной кислоты из серы суть явления, аналогичные, тождественные горению или сжиганию. Отсюда он сделал заключение, что металл состоит из земли и еще какого-то элемента, который при горении выделяется из металла; аналогично Бехер предполагал, что сера состоит из серной кислоты, которая остается и после сжигания, и из особой горючей части, которую он назвал истинной серой, улетающей во время горения. Эту истинную серу Сталь назвал флогистоном и дал комментарии к сочинениям Бехера, в которых он указывал, что образование серы из серной кислоты или восстановление металлов из землистых форм происходит вследствие присоединения флогистона. Эта теория диаметрально противоположна кислородной теории, по которой образование окисей металлов происходит вследствие прибавления кислорода, а не вследствие выделения флогистона. Учение о флогистоне чрезвычайно быстро распространилось и получило многочисленных сторонников, появилась целая флогистическая школа. Насколько эта теория укоренилась, видно из того факта, что остатки флогистической номенклатуры надолго сохранились в физических лабораториях. Когда Пристли (1774 г.) открыл кислород, то этот газ был назван дефлогистированным воздухом; когда затем Шееле открыл хлор, то и этот газ был назван дефлогистированной морской солью, а азот, не имеющий расположения к горению и насыщенный, как тогда полагали, флогистоном, был назван флогистированным воздухом. Хотя ко времени деятельности Петрова окончательно выявилась несостоятельность флогистической теории, тем не менее она имела еще многих защитников, и, как мы далее увидим, Петров энергично с нею боролся и ее неправильность подтвердил многочисленными своими опытами над горением различных тел.

К тому времени, когда Петров вернулся в Петербург из Барнаула, в физике появилась новая область, которая весьма заинтересовала его: мы имеем в виду учение о гальванизме. В 1790 г. Гальвани (1737—1798 гг.) произвел свои знаменитые опыты с препарированной ногой лягушки, находившейся вблизи электрической машины и вздрагивавшей от прикосновения к мышцам какого-либо металлического предмета. Опыты эти достаточно хорошо известны, равно как и то неправильное толкование, которое дал этому явлению Гальвани, считавший, что вздрагивания лягушки происходят от присутствия животного электричества в ее теле. В 1794 г. Вольта (1745—1827 гг.) отверг гипотезу Гальвани о животном электричестве и приписал замеченные явления соприкосновению двух разнородных металлов, в одном из которых обнаруживается положительное электричество, а в другом — отрицательное; лягушка же была Вольтой отождествлена с чувствительным прибором, могущим только указывать на присутствие электричества. Одновременно с этим Вольта получил электричество из металлов, пользуясь конденсатором, впервые им примененным к электроскопу. В 1799 г. Вольта построил свой первый столб, состоявший из серебряных и цинковых кружков, сложенных в определенном порядке.

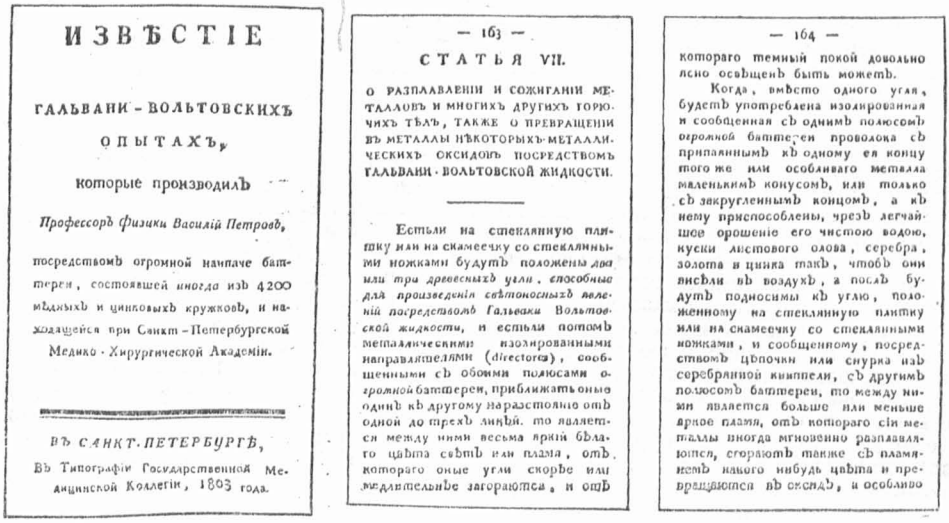
Открытие гальванического тока вызвало громадный интерес во всем мире, и все крупнейшие физики стали заниматься его изучением.

Петров с большим вниманием следил за развитием мировой науки и знал обо всех новых открытиях. Он был первым русским физиком, который изучал гальваническое электричество.

Как выше было сказано, научная деятельность Петрова состояла из педагогической работы в Медико-хирургической академии, в Академии свободных искусств и во 2-м кадетском корпусе и из исследовательской работы, которую он вел в своей физической лаборатории. Что касается деятельности Петрова как педагога, то он зарекомендовал себя образцовой постановкой преподавания [1], сопровождением всех лекций богатым демонстрационным материалом, введением как обязательной части учебных занятий студенческих лабораторных работ. Этого метода нигде до Петрова в России не практиковали. В перечне лабораторного оборудования в кабинете физики Медико-хирургической академии имеется волшебный фонарь и к нему шесть деревянных дощечек для держания рисунков. На этом основании можно заключить, что Петров пользовался волшебным фонарем при преподавании и этим еще увеличивал наглядность преподносимого материала и повышал интерес к физике среди студентов. Однако за все время преподавания в академии Петрову не удалось привлечь кого-либо из своих учеников к занятиям в качестве помощника на более или менее длительный срок. Помощники Петрова менялись очень часто, через каждые два-три года, так что всю работу по подготовке демонстрационного материала к лекциям, а также по постановке опытов, требовавших иногда сложных приспособлений, он нередко должен был выполнять один без всякой помощи. Физика считалась второстепенным предметом в академии, и никто из студентов не выдвинулся сколько-нибудь значительно в области ее изучения. Единственным исключением был студент Гамель, построивший, еще будучи слушателем академии, оригинальную электрическую машину, а впоследствии ставший академиком.

Что касается физического кабинета, в котором Петров произвел большинство своих опытов, то он возник еще в 1795 г. В основу его была положена Либеркюновская коллекция Медицинской коллегии. Для своего кабинета Петров собирал приборы в разных учреждениях Медицинской коллегии. В кабинет были переданы из адмиралтейского госпиталя приборы и инструменты, среди которых была электрическая машина, некоторые приборы из Московской медико-хирургической академии и др. В период 1796—1797 гг. было выписано приборов для физического кабинета из Лондона на 6 тыс. руб. золотом, а у наследников профессора

[1] Ср. «История Имп. военномедицинской академии за 100 лет» (1798—1898), под редакцией проф. Ивановского, 1898, СПБ, стр. 91.



ИЗВѢСТІЕ

ГАЛЬВАНИ-ВОЛЬТОВСКИХЪ ОПЫТАХЪ,

которые производилъ

Профессоръ Физики Василій Петровъ,

посредствомъ огромной наипаче баттереи, состоявшей *иногда* изъ 4200 мѣдныхъ и цинковыхъ кружковъ, и находящейся при Санкт-Петербургской Медико-Хирургической Академіи.

ВЪ САНКТ-ПЕТЕРБУРГѢ,

Въ Типографіи Государственной Медицинской Коллегіи, 1803 года.

— 163 —

СТАТЬЯ VII.

О РАЗПЛАВЛЕНІИ И СОЖИГАНІИ МЕТАЛЛОВЪ И МНОГИХЪ ДРУГИХЪ ГОРЮЧИХЪ ТѢЛЪ, ТАКЖЕ О ПРЕВРАЩЕНІИ ВЪ МЕТАЛЛЫ НѢКОТОРЫХЪ МЕТАЛЛИЧЕСКИХЪ ОКСИДОВЪ ПОСРЕДСТВОМЪ ГАЛЬВАНИ-ВОЛЬТОВСКОЙ ЖИДКОСТИ.

Естьли на стеклянную плитку или на скамеечку со стеклянными ножками будутъ положены *два или три древесныхъ угли, способные для произведенія свѣтоносныхъ явленій посредствомъ Гальвани Вольтовской жидкости,* и естьли потомъ металлическими изолированными направлятелями (directores), сообщенными съ обоими полюсами *огромной* баттереи, приближать оные одинъ къ другому на разстояніе отъ одной до трехъ линѣй, то является между ними весьма яркій бѣлаго цвѣта свѣтъ или пламя, отъ котораго оные угли скорѣе или медлительнѣе загораются, и отъ

— 164 —

котораго темный покой довольно ясно освѣщенъ быть можетъ.

Когда, вмѣсто одного угля, будетъ употреблена изолированная и сообщенная съ однимъ полюсомъ *огромной* баттереи проволока съ припаяннымъ къ одному ея концу того же или особливаго металла маленькимъ конусомъ, или только съ закругленнымъ концомъ, а къ нему приспособлены, чрезъ легчайшее орошеніе его чистою водою, куски листового олова, серебра, золота и цинка такъ, чтобъ они висѣли въ воздухъ, а послѣ будутъ подносимы къ углю, положенному на стеклянную плитку или на скамеечку со стеклянными ножками, и сообщенному, посредствомъ цѣпочки или снурка изъ серебряной квиппели, съ другимъ полюсомъ баттереи, то между ними является больше или меньше яркое пламя, отъ котораго сіи металлы иногда мгновенно разплавляются, сгораютъ также съ пламянемъ какого нибудь цвѣта и превращаются въ оксидъ, и особливо

Титульный лист и страницы из книги Петрова. 1803 г.

Тереховского была куплена коллекция весьма нужных физических инструментов за 1 000 руб.; в этой коллекции имелись воздушный насос Смитона и две электрические машины. Некоторые стеклянные приборы по эскизам Петрова изготовлял С.-Петербургский стекольный завод. Таким образом к моменту образования Медико-хирургической академии физический кабинет был уже довольно хорошо оборудован, Петров и в дальнейшем усиленно занимался его пополнением. В 1801 г. Петров в рапорте на имя Медицинской коллегии заявил, что «поелику опыты над гальванизмом сделались весьма достопримечательными в различных отношениях, а между всеми учебными пособиями, находящимися в Медико-хирургической академии, нет вовсе никаких приборов, относящихся к сему предмету», то необходимо построить «такой гальванический прибор, посредством коего можно было бы производить самые новые физико-химические опыты, которыми многие европейские физики начинают заниматься с гораздо большим против прежнего рачением». После этого рапорта Коллегия разрешила Петрову сдать заказ англичанину Меджеру на изготовление батареи и 100 медно-цинковых кружков за 400 рублей. Однако эта батарея Петрова не удовлетворила, и он сейчас же после ее получения приступил к сооружению большого вольтова столба из 4 200 кружков, который Петровым был назван «огромной наипаче батареей». Это была громадная для того времени батарея, причем до Петрова такими батареями никто не пользовался для исследования.

В 1802 г. Петрову удалось добиться отпуска суммы в 28 000 руб. «с высочайшего соизволения» на покупку так называемой бутурлинской коллекции физических приборов, принадлежавшей московскому меценату Д. П. Бутурлину. Эта коллекция с большой тщательностью была лично Петровым принята и перевезена в академию, значительно обогатив и без того хорошо оборудованный физический кабинет. Весьма интересным является то, что в марте 1802 г. Петров вновь обращается в конференцию Медико-хирургической академии с докладом, в котором содержалась просьба устроить ряд капитальных приспособлений для кабинета, в том числе особую темную комнату для постановки оптических опытов, плавильную печь, балкон для производства опытов на воздухе, вентилятор, ледник, «комнату для физического кабинета эллиптической фигуры с эллиптическим сводом, которая обладала бы некоторыми особыми действиями и придавала некоторую славу Медико-хирургической академии». Итак, за время своей деятельности Петрову удалось значительно пополнить кабинет и постепенно освобождаться от устаревших приборов; к концу его деятельности кабинет имел 631 прибор, в том числе 198 приборов по электричеству и 54 по магнетизму.

Самое помещение физического кабинета было неудовлетворительно, на что Петров неоднократно указывал в своих записках Конференции академии: в холодные зимние дни температура в кабинете была на 5° ниже нуля, и Петров был принужден ставить опыты у себя на дому. К отрицательным сторонам тех условий, в которых приходилось Петрову работать в кабинете, является отсутствие надежных помощников, интересующихся физикой. Это все показывает, что Петрову лично пришлось положить чрезвычайно много труда на постановку опытов; труды Петрова свидетельствуют, что Петровым было поставлено громадное число различных опытов с вариантами основных условий. Особо следует отметить ту тщательность, с которою ставил Петров все свои опыты. При описании большинства опытов Петров особое место уделяет анализу погрешностей результата, которые могли произойти под влиянием различных факторов; затем Петров уделяет много места указаниям, как должна быть проверена и юстирована аппаратура,

как следует самому экспериментатору подготовить себя для восприятия результатов опыта; так, например, для наблюдения свечения и искр при электрических разрядах Петров дает указания, как следует подготовить глаз, причем эти указания вполне соответствуют современным рекомендациям относительно адаптации глаза при опытах со светом.

IV

Первое по времени сочинение Петрова вышло в 1801 г. под названием «Собрание физико-химических новых опытов и наблюдений». Вся эта книга (свыше 500 стр. текста) была посвящена объяснению явления горения или сжигания тел как твердых, так и жидких в воздухе, в безвоздушном пространстве и в других условиях. Все эти работы Петров производил с целью доказать несостоятельность учения о флогистоне, и своими работами он способствовал тому, что в среде русских химиков вера в флогистон была окончательно разбита. В этой же книге Петров описывает опыты над сжиганием различных горючих тел в инертных газах при помощи зажигательных стекол и зеркал. Большой научный интерес имеет его исследование о свечении фосфоров минерального и органического. Петров определил ту предельную температуру, при которой фосфор перестает светиться в атмосферном воздухе. В XI главе «О свечении многих минералов» Петров доказывает, что причина их свечения иная, чем причина свечения фосфора. В этих опытах над фосфорами Петров высказывает идеи, диаметрально противоположные тем, которые высказывались знаменитыми заграничными учеными, в том числе Шееле. В главе IV этой книги Петров доказывает, что простые тела не могут гореть в безвоздушном пространстве и поэтому из них не могут быть получены «ни кислоты, ни металлические извести или несовершенные кислоты».

В этой книге представлен большой экспериментальный материал, накопленный самим Петровым, и дано описание многих чужих опытов. Последнее свидетельствует о том, как хорошо Петров был знаком с современной ему литературой.

Наиболее интересной книгой Петрова является его «Известие о гальвани-вольтовских опытах» [1], опубликованное в 1803 г. Опыты по электричеству, изложенные в «Известии», Петров характеризует так: «В оном заключается собрание достопримечательнейших гальвани-вольтовских опытов, из коих некоторые важные были следствием собственных моих изысканий». То, что «Известие» есть первая русская книга об электричестве, видно из предисловия Петрова к этой книге: «Поелику же, сколько мне известно, доселе никто еще на российском языке не издал в свет и краткого сочинения о явлениях, происходящих от гальвани-вольтовской жидкости, то я долгом моим поставил описать по-российски и расположить в надлежащем порядке деланные с а м и м м н о ю важнейшие и любопытнейшие опыты посредством гальвани-вольтовской батареи» (подчеркнуто Петровым). В «Известиях» Петров говорит далее: «В пятой и восьмой статьях все без изъятия суть такие, о которых, прежде производства оных, не случалось мне читать нигде известия». Эти статьи суть: V—О переменах количества и качества воздуха от гальвани-вольтовской жидкости и VIII—О светоносных явлениях и сожигании многосложных твердых горючих тел посредством гальвани-вольтовской жидкости в безвоздушном месте.

«Известие» состоит из 8 отдельных статей и начинается с описания составления и употребления гальвани-вольтовских батарей. Петров дает общие указания, как следует подбирать и подготовлять кружки, как собирать батареи, как их чистить и содержать в порядке. Эти практические данные Петров извлек из своих работ над батареей в 4 200 кружков. Эта батарея длиной в 40 фут. была расположена горизонтально, в специальном ящике из красного дерева глубиной 2 дюйма, шириной 12 дюймов и длиной 10 фут. Ящик состоял из двух равных частей, соединенных медными петлями, причем стенки его были покрыты толстым слоем сургучного лака и обложены промасленной бумагой. Вопрос о чистке кружков в батарее имел огромное значение, и Петров много работал над этим вопросом и описывает механические и химические способы чистки металлических кружков. Серная кислота, по его мнению, являлась наилучшим материалом для чистки. Он упоминает, что ему удалось получить сведения о целесообразности травления этих кружков в азотной кислоте, но ему не хотели указать концентрации кислоты и других деталей, и он отказался от этого приема. Главнейшие результаты, которые были достигнуты Петровым от применения этой батареи, заключались в электролизе различных жидкостей, в обнаружении явления дуги, окисления и плавления металлов и др.

Электролиз различных жидкостей Петров описывает в статье III, озаглавленной: «О разрешении воды, алкоголя и выжатых масл посредством металлов, некоторых других тел и гальвани-вольтовской жидкости». Приводим эту часть описания по первоисточнику: «Когда чистая вода налита была в стеклянную надлежащих измерений (длиной от 6″ до 10″, а в диаметре полости от 5‴ до 8‴) трубку, открытую с обоих концов, из коих один — верхний — слабо, а другой — нижний — весьма плотно были заткнуты пробками (что везде и ниже разуметь должно), через которые в полость трубки проходили по две медные и медные, железные и железные, золотые и золотые с загнутыми в крючок наружными концами (что везде и ниже разуметь должно) проволоки, а сии приведены были в сообщение с обоими полюсами батареи, то на одном конце которой-нибудь проволоки, сообщенной с медным полюсом, иногда во мгновение

[1] «Известие о гальвани-вольтовских опытах, которые производил профессор физики Василий Петров посредством огромной наипаче батареи, состоявшей иногда из 4 200 медных и цинковых кружков и находящейся при Санктпетербургской медико-хирургической академии». В Санктпетербурге, в типографии Государственной медицинской коллегии, 1803 г.

ока являлись различной величины пузырьки, которые, оторвавшись от конца проволоки, поднимались к поверхности воды в виде фонтанчиков или струек различного диаметра; сии пузырьки, как известно уже нашим читателям, суть не что иное, как водотворный и кислотворный газы, смотря по свойству металлов, погружаемых в воду».

Опыты электролиза воды удались Петрову при помощи тока, получаемого от батареи, состоявшей всего из двух пар медных и цинковых кружков, и даже при одной паре. Эти опыты удавались Петрову также и при температуре батареи до —23°; при температуре от —25° до —27° после $2^1/_2$ час. действия батарея почти перестала действовать и как бы «окостенела». Из этого Петров делает вывод следующего порядка: «температура имеет весьма знатное участие во всех своих опытах». Петров занимался также исследованием, какова «способность льда к препровождению гальвани-вольтовской жидкости»; им было обнаружено, что лед при —17° не проводил тока от батареи в 56 пар.

Самым замечательным в этих опытах является то, что он впервые применил изоляцию проводников. В предисловии он говорит: «Напоследок между новостями, относящимися к сей же материи, можно почитать и выдуманное мною употребление металлических проволок, покрытых сургучом или воском, кроме одного только кончика, посредством коего гальвани-вольтовская жидкость может переходить в состав таких тел, которые должны быть заключены в стеклянные с водою трубки».

Кроме электролиза жидкостей, который ему удавался и при помощи одной пары кружков, Петров исследовал действие гальванического тока на тело живых животных, изменения количества и качества атмосферного воздуха от гальванического тока, обнаружил и исследовал явления вольтовой дуги между двумя электродами, плавил в ней металлы и многие горючие тела, а также производил зажигание гальвани-вольтовской жидкостью некоторых материалов под колпаком воздушной машины. Наиболее замечательным из всех открытий Петрова, бесспорно, является открытие феномена вольтовой дуги, которое неосновательно приписывается Гемфри Дэви. Петров описывает это явление в своей книге следующим образом:

«Есть ли на стеклянную плитку или скамеечку со стеклянными ножками будут положены два или три древесных угля, способных для произведения светоносных явлений посредством гальвани-вольтовской жидкости, и есть ли потом металлическими изолированными направителями (directores), сообщенными с обоими полюсами огромной батареи, приближать оные один к другому на расстояние от одной до трех линей, то является между ними весьма яркий белого цвета свет или пламя, от которого оные угли скорее или медлительнее загораются и от которого темный покой довольно ясно освещен быть может» (стр. 163 и 164).

Далее Петров говорит, что при замене углей металлами появляющееся между электродами пламя действует так, что «сии металлы иногда мгновенно расплавляются, сгорают также с пламенем какого-нибудь цвета и превращаются в оксид».

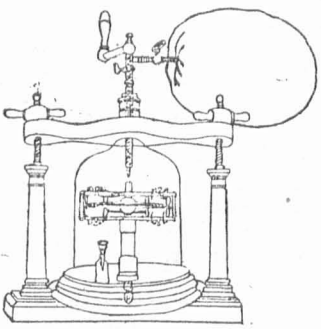
В журнале «Philosphical Magazine» (т. XXXV, 1810, стр. 463) приводится описание того же явления, произведенного Дэви: «На заключительной лекции в Королевском институте был впервые приведен в действие большой вольтов аппарат, состоящий из 2 000 пар кружков площадью 2 кв. дюйма каждый. Эффект этой комбинации, самой большей из когда-либо построенных, был, как это можно заключить, весьма блестящий. Искра, свет которой был так силен, что казался солнечным, прорезала несколько линий в воздухе, произвела разряд в теплом воздухе длиной в 3 дюйма, слепящей яркости». Несколько веществ, которые ранее не расплавлялись, были расплавлены в этом пламени; иридий, незадолго перед этим открытый Темантом, и сплавы иридия с осмием, циркония с алюминием также были расплавлены.

При помощи своей большой батареи Петров воспламенял дугой порох в медной пушке; Петров сделал также попытку восстановления металлов из свинцового и ртутного оксидов.

Таким образом в книге «Известие» Петровым опубликованы были многие важные открытия и высказаны предположения о ряде применений вольтовой дуги, в частности, для целей освещения, для расплавления металлов и превращения в окислы и т. д. В предисловии к своей книге Петров говорит о своих работах: «Самыми важными, по крайней мере некогда, будут признаны те, которых следствия против всеобщего мнения физиков снова удостоверили меня в той достопримечательной истине, что твердые многосложные тела от огня, сопровождающего течение гальвано-вольтовской жидкости, горели с обильным дымом, ясным пламенем и большее или меньшее их количество в настоящий уголь превратилось в таком безвоздушном месте, которое только мне можно было произвести Смитоновым исправным воздушным насосом».

Опубликование интересных результатов первых своих опытов не остановило Петрова от дальнейшей работы, и уже через год, в 1804 г., он опубликовал свою третью книгу, озаглавленную «Новые электрические опыты» [1]. Эта книга состоит из 8 отдельных статей, каждая из которых заключает в себе самостоятельную работу. Первая глава касается вопроса «о способности изолированных металлов и людей соделываться электрическими от трения, а наипаче стегания их шерстью выделанных порядочно мехов и некоторыми другими телами».

[1] «Новые электрические опыты профессора физики Василия Петрова, который оными доказывает, что изолированные металлы и люди и премногие только нагретые тела могут соделываться электрическими от трения, наипаче стегания их шерстью выделанных до нарочитой мягкости мехов и некоторыми другими телами; также особенные опыты, деланные различными способами для открытия электрических явлений» с гравированною фигурою, в Санктпетербурге, в Медицинской типографии, 1804 г.



Электрическая машина Петрова.

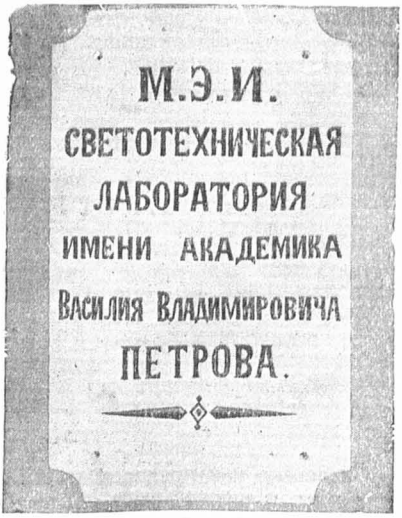
На мысль произвести эту работу Петрова навели работы геттингенского профессора Лихтенберга над электризацией металлов трением. До этого времени считалось, что трением металлы наэлектризовать нельзя. Петров решил проверить этот факт и произвел следующий опыт: он применил железный цилиндр диаметром в 8 дюймов и длиной в 12 дюймов; поверхность его была отполирована, а концы его заправлены в рукоятки из сухого красного дерева. При посредстве этих рукояток цилиндр был горизонтально положен на пьедестал Нерновой электрической машины так же, как на ней укрепляется стеклянный цилиндр. К цилиндру была приставлена терка в виде подушечки из красного сафьяна, соединенная с отрицательным полюсом машины. На сафьяновой подушечке находилась шерсть, покрытая тонким слоем амальгамы. Подушечка могла плотно приставать к цилиндру, который можно было вращать посредством рукоятки. При вращении цилиндра действительно не было обнаружено на нем следов электричества. Тогда Петров отнял с подушечки всю амальгаму и привел сафьян в непосредственное соприкосновение с цилиндром. При трении вновь не было обнаружено электричества на металле. Полагая, что на поверхности цилиндра имеются неровности, через которые электричество уходит в воздух, Петров оклеил цилиндр тонкой оловянной фольгой и сделал поверхность весьма гладкой, но вновь не обнаружил никаких электрических явлений. Тогда Петров решил «стегать лисьим мехом» металлический цилиндр в сухом воздухе жилых помещений; при этом было обнаружено электричество, и ему удалось даже зарядить лейденскую банку небольших размеров. Результаты, полученные Петровым, оказались в полном противоречии с опытами французских физиков Либа и Сю, в трудах которых было сказано, что от трения металлов не оказывается никаких признаков электричества, даже если пользоваться самыми чувствительными гальванометрами. Поэтому Петров повторил свои опыты в гораздо большем масштабе, пользуясь мехом лисицы, песца, кошки, а также шелковой кистью, птичьим крылом, меняя температуру цилиндра до —24° по R, причем все время им обнаруживалось электричество, а при поднесении пальца или проводника в цилиндре появлялись искры и с шумом переходили из цилиндра на палец. Аналогичные опыты были произведены Петровым над листовым железом, чугуном, ртутью, и все время он обнаруживал электричество «от стегания». Пробовал Петров вызывать электричество также и при «стеганьи» человека, причем обнаруживал электричество на теле и даже заряжал им лейденскую банку. Петрову удалось обнаружить, что в результате стегания появлялось электричество также на сукне, байке, шелке и прочих материях, особенно, если они бывали подогреты на фаянсовом блюде до 75° R. Петрова очень интересовал вопрос о том, как будут происходить электрические явления в пустоте и в различных газах. Та аппаратура, которой он располагал, не позволяла ему производить подобных опытов, и появилась необходимость сконструировать специальную электрическую машину, которая позволяла бы получать электричество под колоколом воздушной машины. В 1803 г. он соорудил такую машину на средства, которые были отпущены Конференцией Медико-хирургической академии, и специальная комиссия из 8 членов конференции осматривала и производила приемку машины Петрова.

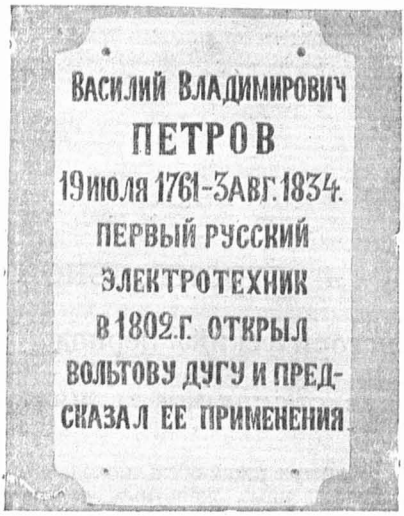
В книге «Новые электрические опыты» дается описание электрической машины Петрова, построенной им в 1803 г.

Уже перед самым окончанием печатания этой своей книги Петров изготовил другую модель электрической машины, которую он считал более совершенной.

Серия опытов над электрическими явлениями в пустоте и в газах показала, что электрические явления в этих условиях протекают так же, как и на воздухе. Пробовал Петров производить трясение ртути и металлических опилков в сосуде с воздухом, при этом обнаруживалось электричество и происходило ускорение окисления тех металлов, которыми он пользовался. Между прочим, Петрову первому удалось получить таким образом окись платины путем встряхивания ее опилков в сосуде с воздухом. До Петрова полагали, что окислов платины не существует. В «Новых электрических опытах» Петров занимается выяснением причины электрических явлений и говорит следующее: «Причина электрических явлений зависит ни от одного трения каких-нибудь без разбора тел о стекло, ни от худых или лучших проводников электричества, но паче от различных их способностей соединяться с кислотворным веществом, основанием кислотворного газа как составной части атмосферного воздуха». Петров предполагал, что кислород состоит из кислотворного вещества, тепла и света. При разложении кислорода кислотворное вещество соединяется с металлами, превращая их в окисел; освобождающиеся тепло и свет суть внешние факторы разложения кислорода, которые замечает наблюдатель. Притягивание легких тел при трении Петров объяснял тем, что воздух устремляется к месту трения; отталкивание же происходит вследствие упругости теплотворного вещества и света, а частью «движением прочь» того воздуха, который более уже разрежаться не может.

Кроме указанных основных работ, многочисленные опыты Петрова по физике, химии, метеорологии были опубликованы в различных изданиях Академии наук, как-то: «Мемуары академии», тт. I—IV и VI—X, «Умозрительные исследования», тт. I—III и V, и др. Так как





Мемориальные доски в светотехнической лаборатории МЭИ.

все работы Петрова были написаны по-русски, а не по-латыни, то о них мало сравнительно знали за границей.

13 октября 1934 г. в связи со столетием со дня смерти В. Петрова Президиумом ВЭК было принято следующее постановление:

«1. Приветствовать инициативу Московского энергетического института, постановившего присвоить светотехнической лаборатории МЭИ имя академика Василия Петрова.

2. Просить Энергоиздат издать, по материалам торжественного заседания, монографию, посвященную жизни и деятельности Василия Петрова.

3. Ассигновать 5000 р. для оплаты работы по подготовке к изданию сочинений В. В. Петрова.

4. Просить Начальника ГУУЗ НКТП т. Петровского выделить для четырех энергетических втузов (два в Ленинграде и по одному в Москве и в Харькове) по 1 000 руб. на 4 премии им. Василия Петрова за лучшие студенческие дипломные работы.

5. Просить председателя Курского облисполкома присвоить одной из улиц г. Обояни (место рождения Петрова) имя академика Василия Петрова» [1].

21 октября московские электротехники и светотехники по инициативе Всесоюзного энергетического комитета и Московского энергетического института организовали заседание, посвященное памяти академика В. Петрова, на котором были заслушаны доклады о жизни и деятельности Петрова и о развитии его идей в течение XIX и XX вв. в области применения вольтовой дуги. Кроме того Всесоюзный энергетический комитет переиздает книгу Петрова «Известие о гальвани-вольтовских опытах», что позводит широким кругам близко ознакомиться с работами первого русского электротехника.

8 декабря 1934 г. Курский областной исполнительный комитет сообщает Всесоюзному энергетическому комитету, «что в ознаменование 100-летия со дня смерти академика Петрова В. В. пленумом Обоянского горсовета 24/XI с. г. приняты следующие решения:

1) «Соорудить в г. Обояни памятник академику В. В. Петрову.

2) Присвоить его имя бывш. базарной площади и тракторно-механической школе.

3) Выделить из средств Горсовета две стипендии имени В. В. Петрова для лучших студентов-ударников Обоянского педтехникума».

8 июня 1935 г. на заседании Президиума ЦИК СССР т. Орджоникидзе вносит предложение об ознаменовании столетия со дня смерти первого русского электротехника академика В. В. Петрова. Президиум ЦИК СССР постановляет:

«В связи с исполнившимся в 1934 г. столетием со дня смерти первого русского электротехника, академика В. В. Петрова, открывшего в 1802 г., за несколько лет до Дэви, явление вольтовой дуги и предсказавшего применение этого явления в технике (сварка металлов, электрометаллургия):

1. Присвоить Светотехнической лаборатории Московского энергетического института имя академика Василия Петрова.

2) Разрешить Наркомтяжпрому установить в Московском энергетическом, Ленинградском и Харьковском электротехнических институтах ежегодную выдачу премий за лучший дипломный проект на энергетическую тему в размере 1 000 руб. каждая за счет средств Наркомтяжпрома» [2].

Л. Д. Белькинд.

[1] Постановление Президиума ВЭК 13 окт. 1934 г.

[2] Из протокола заседания Президиума ЦИК СССР за № 9 от 8 июня 1935 г.

История строительной техники

I. «Доисторический» период

1. Общее состояние техники

Стадное собирание пищи обезьяноподобными предками человека как предпосылка их превращения в общественных животных, делающих орудия труда, в «первобытное стадо». Полинезийцы, атапаски и ирокезы XIX в., ацтеки эпохи завоевания Мексики испанцами, семиты времен возникновения библейских легенд, германцы эпохи Цезаря и Тацита и гомеровские греки как представители различных этапов развития человеческого общества от дикости через варварство к цивилизации. Открытие способов обработки камня камнем (скалывание, отжимание, пиление, сверление и полировка) как предпосылка обработки дерева, кожи и кости резанием и как исходная точка превращения орудия труда в комплекс предметов (с появлением рукоятки). Влияние на развитие техники изощрения органов чувств, благодаря которому человек стал замечать в вещах все новые и новые свойства (выявление все новых и новых функций, которые могут выполнять нож и топор). Влияние на развитие техники изобретения способа добывать огонь и открытых этим изобретением возможностей: *есть все съедобное* (печь, гончарная посуда, копчение) и *жить во всяком климате* (замкнутая постройка, сшитая из шкур одежда). Роль накопления простых орудий в диференциации и специализации их форм. Нож и его производные: кинжал, шило, скребок, бурав, копье, долото. Топор и его производные: молоток, кирка, мотыга. Родовой строй как общественная форма организованной охоты и постоянного рыболовства (выделение вождей и старейшин). Роль способности человека к абстракции и умозаключению в изобретении новых сложных орудий (лук и стрела).

Роль лука в техническом развитии. Материалы, данные охотой: мясо, шкура и кость. Приручение животных. Орудия, производные от лука: лучковое сверло, огниво, токарный станок, музыкальные струнные инструменты.

Влияние на технику появления скотоводства и выделения пастушеских племен из остальной массы варваров. Новые формы построек и посуды, обработка молочных продуктов и шерсти, появление вьючного и гужевого транспорта, разведение кормовых растений.

Превращение земледелия из придатка к скотоводству в самостоятельное занятие и сдвиги в технике, вызванные этим превращением. Появление плуга, бороны и рабочего скота, переработка продуктов земледелия — размол зерна, печение хлеба и варка пива.

Скотоводство и земледелие как источники накопления большого количества знаний грубо эмпирического характера. Календарь и примитивное земледелие.

Разложение родового строя как общественной формы, тормозившей переход к пашенному земледелию, сочетаемому с огородничеством, садоводством и скотоводством. Образование сельской общины — общественной формы, обеспечившей сочетание общественной собственности с индивидуальной предприимчивостью отдельных семей, сложившихся в процессе разложения рода. Вызванное этим измельчание средств производства и общих условий труда (лодка, постройка, посуда).

«Неспособность сельской общины развить труд как общественный труд и производительность общественного труда» (Маркс) — как стимул и база для появления частной собственности. Эпоха Гомера как период такого перехода.

2. Основные задачи строительной техники

Изобретение способа добывать огонь при помощи трения как предпосылка расселения человечества в странах с холодным климатом и поиски средств борьбы с холодом. Необходимость фильтрации воды, вызванная странствованиями человека по болотам в поисках пищи. Задача, поднятия постройки над грунтом, поставленная размещением поселений на болотах и озерах. Необходимость увеличения полезного объема постройки, вызванная развитием родового строя с его формами брака (пуналуа и патриархальная семья) и общественными органами (совет рода

и племени). Потребность в специальном помещении для скота, в специальном складе для зерна, рожденная развитием скотоводства и земледелия. Задача регулярного удаления отбросов, обострившаяся с переходом от кочевого образа жизни к оседлому. Необходимость перемещения больших глыб строительного камня на значительные расстояния и на значительную высоту.

3. Разработка несущей конструкции

Необходимость сооружения постройки из термоизоляционных материалов, обусловленная расселением человека в странах с холодным климатом. Непригодность материалов, доставлявшихся охотой и скотоводством (шкура, кошма), для роли несущей конструкции. Применение жердяного каркаса, воспринимающего нагрузку. Проблема устойчивости каркаса, поставленная увеличением собственного веса постройки, ветровым напором и снеговой нагрузкой. Применение принципа взаимного упора в форме щипцовой и конической стропильной фермы. Переход к материалам, пригодным для выполнения роли несущей конструкции (бревна и камень), в результате изобретения топора (рубка бревен) и в результате замены каменных орудий металлическими (откалывание камня). Бревно и камень как средства монтажа постройки и как причина ее недостаточной устойчивости. Изобретение бревенчатого сруба и постелистой кладки с правильной перевязкой швов (циклопическая, полигональная, призматическая).

4. Поднимание постройки над грунтом

Потребность в высокой искусственной стойке, вызванная поселением человека на болотах и озерах. Непригодность жерди для поддержки помоста под жилье вследствие ее плохого сопротивления продольному изгибу. Замена жерди бревном. Связывание узлом, а затем рубленым шипом как предпосылка развития стоечно-балочной конструкции.

5. Увеличение объема постройки

Необходимость увеличения полезного объема постройки и опасность провисания стропильных ног при увеличении пролета стропильной фермы. Применение подкоса, сообщение стропильной ноге начального напряжения (куполообразный шатер азиатских кочевников) и удлинение конька, позволившее сильно увеличить объем постройки (африканские «длинные дома») без увеличения ее пролета.

6. Появление специальной хозяйственной постройки

Необходимость в защите скота от хищников и военного нападения соседей и в защите хлеба от грызунов. Сооружение специального бревенчатого загона (крааль). Постройка житниц на сваях, снабженных деревянными тарелками (барьерами) от мышей.

7. Использование в отопительных целях теплоты продуктов горения

Применение в целях борьбы с холодом замкнутой постройки, открывшей возможность использовать наряду с лучистой теплотой пламени также теплоту продуктов горения. Затруднение горения в результате недостаточного притока кислорода. Использование естественной тяги, обусловленной разностью температур воздуха в замкнутом помещении и снаружи.

8. Регулирование естественной тяги воздуха

Использование для выпуска продуктов горения верхнего осветительного отверстия, а для впуска воздуха — двери. Невозможность получить тягу при малой разнице температур внутреннего и наружного воздуха и при сильном ветре, опрокидывающем тягу. Изобретение дымовых клапанов и применение зонтика, оказывающего известное подсасывающее действие при ветре.

9. Собирание грунтовых вод

Необходимость фильтрации воды в болотистых местностях. Возможность фильтрации при помощи грунта, открытая земляными работами, связанными с постройкой жилья. Применение земляного колодца, позволявшего собирать почвенную воду в местностях, удаленных от наружных водоемов. Затруднения для собирания почвенных вод на значительной глубине вследствие непрочности земляной стенки. Применение каменной стенки, защищавшей колодец от обвала.

10. Удаление отбросов

Загрязнение места жилья объедками и экскрементами, являвшееся источником размножения мух и микроорганизмов. Обострение проблемы удаления отбросов при переходе к оседлому образу жизни. Выбор специального свалочного и отхожего места.

11. Передвижение вручную больших тяжестей

Трудность транспортировки строительных материалов по горизонтали и по вертикали, обусловленная большим весом каменных глыб и большим трением их о грунт. Применение смазки (в виде накладки пласта сырой глины) и деревянного полоза. Замена скольжения качением (посредством подкладного катка). Продирание дорог по трассе наибольшего транспорта. Применение рычага, наклонной плоскости (в виде земляной насыпи) и постепенно опускавшейся опоры из песчаной самоосыпающейся насыпи и наполненных песком мешков.

12. Использование силы течения воды для передвижения грузов

Примитивность средств сухопутного транспорта, затруднявшая передвижение грузов. Сплав бревен вдоль рек. Изобретение плота, обеспечивавшего возможность сплава грузов с большим удельным весом.

II. Древняя Греция и Древний Рим

1. Общее состояние техники

Превращение земли, стад и рабов в средство накопления, а рабства в основу хозяйства как предпосылки применения в широких масштабах простой кооперации (эргастарии и латифундии), преобладания грубых, трудно поддающихся порче орудий и возведения гигантских водопроводных и фортификационных сооружений.

Рабство как источник развития ремесел и искусств. Роль рабов управляющих («вилликус») в изобретении новых орудий (передковый плуг с отрезом и отвалом, жатвенная машина и т. п.).

Влияние на развитие техники открытия способов термической обработки железа (многократная проковка, отжиг и закалка): обработка любого камня и металла, развитие кузнечного инструмента, расчистка леса под пашню и производство вооружения.

Роль отделения ремесла от земледелия в техническом развитии: появление плуга и мельницы, изготовление вина и масла, замена человека как двигательной силы животными, водой и ветром, появление кислого хлеба; дальнейшая диференциация и специализация орудий труда, применение штамповки и прессовки, брожение и травление, развитие ротационного принципа, появление грузоподъемных приспособлений и развитие мукомольной мельницы в машину.

Влияние на техническое развитие выделения класса купцов: развитие дорог, средств передвижения и тары, замена в повозке скольжения качением, применение в корабле паруса, производство предметов роскоши, чеканка монеты.

Отделение от труда «духовных потенций производства» и развитие на базе производства астрономии (календарные циклы Метона и Калиппа, измерения Эратосфена и Аристарха, календарь Созигена и система Птоломея), математики, механики (см. специальные разделы) и химии в первоначальной форме алхимии (учение Аристотеля о стихиях).

Превращение рабства и построенного на его основе крупного хозяйства в тормоз развития производительных сил и появление общественных форм, обеспечивавших развитие мелкого хозяйства (калонат, патронат и т. п.), но за счет регресса техники.

Падение Рима как конец «древности» и начало «средневековья».

2. Основные задачи строительной техники

Классовое расслоение общества и стремление господствующих классов обеспечить комфорт и роскошь в своем жилище как причина классовой диференциации построек.

Постройка роскошных общественных зданий, являвшихся местом общественных собраний эксплоататоров и средством идеологического воздействия на эксплоатируемых. Задача перекрывания камнем больших пролетов, связанная с стремлением добиться прочности и долговечности общественных зданий. Проблема восприятия фундаментом большого собственного веса громадной каменной постройки.

Высококачественный дальнепривозный тесаный камень как материал для монументальных построек. Колоннада как средство перекрывания каменным архитравом и каменной плитой больших планов. Арка, свод и купол как средства перекрывания камнем больших пролетов.

Применение в громадных масштабах простой кооперации рабов и употребление грузоподъемных механических приспособлений как предпосылка быстрого возведения громадных сооружений. Парфенон, Колизей, Пантеон как наиболее выразительные образцы строительной техники античного мира.

Стремление господствующего класса избавиться от дыма в жилищах.

Потребность в подаче на далекие расстояния больших количеств воды. Необходимость отвода сточных вод, вызванная развитием новых укрепленных городов, имеющих общественные бани и доходные прачечные, обслуживавшие нужды господствующего класса. Проблема использования воды в качестве двигательной силы, поставленная применением механизмов в водопроводном и мукомольном деле.

3. Появление комфортабельного жилого дома

Требования к жилищу со стороны новой имущественной аристократии. Постройка особняков и вилл, явившаяся результатом накопления в одних руках громадных богатств. Стремление увеличить размеры окон и заменить малопрозрачный животный пузырь слюдой, гипсом и стеклом. Огораживание жилища забором и появление внутреннего двора как результат стремления максимально охранить крупную частную собственность. Потребность в удалении из помещения дыма, в приближении к жилью воды и свалочной ямы. Увеличение числа комнат и их специализация.

4. Сооружение роскошных общественных зданий

Поиски пропорций и расцветки, наиболее сильно действующих на психику зрителя. Разработка декоративной кладки и архитектурного оформления важнейших конструктивных элементов (колонна, фриз, фронтон). Применение скульптурных украшений. Требования освещения и акустики, выдвинутые постройкой цирков и театров. Изобретение амфитеатра и резонаторов.

5. Перекрывание камнем больших пролетов

Непригодность дерева как материала для постройки монументальных зданий, вызванных к жизни классовым расслоением общества (дворец, крепость, храм).

Задача уменьшения изгибающих напряжений в каменных перекрытиях. Разработка архитравного перекрытия (где камень работает больше на сжатие, чем на изгиб), ложной арки и клинчатой арки (в которой материал работает исключительно на сжатие). Необходимость усиления стропильной фермы, обусловленная применением двускатной крыши и черепицы, вызванных к жизни климатическими условиями северного побережья Средиземного моря. Применение подпирающей конец стойки (греческая ферма), подмог, прогонов и подкосов.

Преобладание в постройках античного мира вертикальной нагрузки, не переходящей в горизонтальный распор. Борьба с горизонтальным распором в арке и ферме посредством применения полуциркульной формы арки и применения затяжки в ферме. Плохое сопротивление античных построек горизонтальному сдвигу (угрожавшему во время землетрясений), обусловленное высоким расположением центра тяжести, а также недостаточным сопротивлением разрыву и сдвигу каменной кладки.

Скрепление камней при помощи скоб, штырей и пиронов, а также разработка наиболее устойчивых пропорций фасадов (египетский и равносторонний треугольники, золотое сечение, квадрат).

6. Восприятие фундаментом большого собственного веса постройки

Увеличение собственного веса постройки и ее давления на грунт в результате роста размеров сооружений и применения в качестве строительного материала камня. Недостаточность площади опоры стены для того, чтобы удержать постройку на грунте. Углубление стены до материка, уширение фундамента в форме трапеции (банкеты) и применение обратных арок.

7. Подача воды на далекие расстояния

Потребность в большом количестве воды для орошения полей в засушливых районах и для водоснабжения новых укрепленных городов. Необходимость подавать воду из высоко расположенных водоемов, обусловленная невозможностью получить нужное количество воды из колодцев при помощи ручного водоподъема. Неспособность арыка преодолеть затруднения, создаваемые рельефом местности. Поднимание водопроводного канала вверх путем постройки акведука. Необходимость искусственного подъема воды в местах, где отсутствовали высоко расположенные водоемы.

Постройка водонапорных плотин и изобретение водоподъемных механизмов: шадуфа, чигиря, сакие и нории. Задача страхования города от перебоев в водоснабжении в случае осады и применение подземной проводки при помощи деревянных, керамиковых или свинцовых труб, а также постройка цистерн.

Задача автоматического распределения воды между разными категориями потребителей и разрешение этой задачи применением бассейнов с водостоками, расположенными на различных уровнях, автоматически выключавшими соответствующие категории потребителей при понижении уровня воды.

8. Отвод на далекие расстояния сточных вод

Недостаточность помойных ям при громадном количестве сточных вод, даваемых общественными банями и доходными прачечными, а также при скоплении мусора, обусловленном увеличением плотности населения в больших городах. Спуск сточных вод по специальным каналам, обеспечивавшим удаление этих вод самотеком, но заражавшим воздух зловонием. Борьба со зловонием посредством перекрывания каналов каменными плитами, а затем, с увеличением их ширины, и сводами. Рост диаметра каналов по мере их соединения и постройка мощных коллекторов (римская «клоака максима», VI в. до начала современного летоисчисления.)

9. Устранение вредного влияния продуктов горения на организм человека

Стремление господствующего класса избавиться от дыма в жилище, выражавшее потребность в комфорте. Применение в жилых домах древесного угля, который давал бездымное пламя. Опасность отравления продуктами неполного сгорания. Обострение проблемы удаления продуктов сгорания в связи с появлением общественных бань, бывших одновременно клубами господствующего класса. Изоляция продуктов горения от нагреваемого воздуха путем заключения их в специальную трубу (изобретение калорифера).

10. Усиление тяги

Потребность полнее удалить продукты сгорания, обусловленная употреблением в качестве топлива угля. Изобретение вытяжного колпака. Бессилие горизонтального дымохода, явившегося средством централизации отопления, осуществить эту задачу в больших масштабах вследствие недостаточности в нем естественной тяги. Усиление тяги путем удлинения вертикальных каналов, превратившихся таким образом в дымовые трубы.

11. Сооружение дорог для интенсивного конного транспорта

Необходимость обеспечить регулярность и быстроту сообщения между далеко отстоящими друг от друга местностями, обусловленная развитием торговли, а также объединением под одной политической властью больших территорий, присоединенных завоеваниями.

Колесная повозка как средство относительно быстрой транспортировки на большие расстояния. Колесо как помеха для передвижения непосредственно по грунту. Укрепление грунтов соответствующими добавками, деревянным настилом, каменной мостовой.

Противоречивые требования, предъявленные к мостовой земляным основанием и колесным экипажем. Раздвоение дороги на основание и одежду с промежуточными слоями. Сопротивление движению на поворотах и на подъемах. Разработка радиуса кривизны и нивелировка оси дороги.

Неудобство каменной одежды с точки зрения борьбы с водой и профилировка сечения дороги по дуге. Угол подъема как помеха для преодоления больших высот в связи с необходимостью сильно удаляться в сторону от основной трассы и изобретение серпентины.

Препятствие (для прокладки дороги) в виде рек и перекрытие их мостами. Применение в качестве опор свай и каменных быков, а в качестве пролетного строения балок и арок. Проблема каменной кладки в воде и изобретение гидравлических вяжущих и перемычек.

12. Использование силы воды для движения машин

Открытие возможности использования течения воды для приведения в движение водоподъемных колес, сделанное в результате развития оросительных сооружений. Снабжение черпаковых колес лопастями, превратившими их одновременно и в водоподъемные и в гидравлические.

Эмансипация водоподъема от связи с течением реки посредством применения чигиря — черпакового колеса с конным приводом и зубчатоколесной трансмиссией.

Неспособность ручной и конной мельницы удовлетворить растущую потребность в муке при появлении постоянной армии. Превращение чигиря в мукомольную мельницу путем перемены мест двигателя и исполнительного механизма.

Необходимость большей устойчивости опор для вала и большей прочности пола для жернового постава. Сооружение опор из толстых бревен, а пола из толстых досок. Задача сооружения мельницы, которая работала бы без стационарных опор, поставленная потребностями военного дела, и изобретение судовой мельницы (Велизарий, VI в.).

13. Развитие механики

Потребность в расчете рычага, ворота и блока, применявшихся в водоподъемных сооружениях, грузоподъемных устройствах, на постройках, в судоходстве и в военном деле.

Открытие Архимедом закона рычага и формулировка Архитом теории блока.

Необходимость определения траектории брошенного тела, выдвинутая применением в военном деле метательных машин, появившихся в ответ на развитие крепостной стены. Оши-

бочное определение Аристотелем траектории брошенного тела как суммы наклонной прямой, дуги окружности и вертикальной линии.

Роль больших построек в изучении падения тела. Заблуждение Аристотеля, считавшего, что скорость падения тела прямо пропорциональна его массе. Умозрительный характер представлений Аристотеля.

14. Возникновение разрозненных элементов аналитической геометрии и анализа бесконечно малых

Роль строительной техники в разработке идеи функциональной зависимости (учение Пифагора и Евдокса о пропорциях; тригонометрические таблицы Гиппарха и Птоломея), идеи координации (астрономические координаты и картографические проекции Гиппарха и Птоломея), идеи определения кривой функциональной зависимостью ее элементов (учение Менейхма, Гиппия и Никомеда о геометрических местах, параметрические уравнения конических сечений Менейхма и Апполония и канонические уравнения Паппа), идеи геометрического выражения понятий и формул общей арифметики (геометрическая теория чисел Пифагора, графическая алгебра Эвклида и Диофанта), метода исчерпания (вычисление квадратуры круга Антифоном и Архимедом) и метода неделимых (вычисление объема параболоида Демокритом и Архимедом).

Противопоставление геометрии арифметике (Платон и Аристотель) и исключение из геометрии движения (Эвклид) как характерное для рабовладельческого общества решение проблемы несоизмеримости (поставленной арифметикой календаря и геометрией круга и квадрата) и как препятствие, помешавшее античной математике объединить все разрозненные элементы высшего анализа и аналитики в целостную систему.

III. Средневековая Европа

1. Общее состояние техники

Влияние измельчания хозяйства на состояние техники (общий технический регресс и сохранение развитой техники лишь в монастырях). Италия, Германия, Британия, Франция как представители различных путей развития западноевропейского феодализма. Развитие ремесленных городов и международной торговли (саксы, фризы, норманы) как результат перехода от отработочной ренты к продуктовой и влияние ремесла и торговли на развитие техники (ткацкий горизонтальный станок, самопрялка, минеральные краски, цементация железа и новые сплавы, стеклянная посуда, оконное и зеркальное стекло, книгопечатание, очки, механические часы, компас, парусное судоходство).

Влияние на техническое развитие войн и военного дела (порох, горное дело, наливное колесо в горном деле, заимствование с востока ветряной мельницы).

Переход от продуктовой ренты к денежной как источник развития товаро-денежных отношений и неспособность ремесла удовлетворить спрос на товары.

Заимствование у арабов системы Птоломея, десятичного исчисления и начал алгебры, современной системы исчисления и алхимии.

Канонизирование Аристотеля.

Падение Константинополя как конец средневековья.

2. Задачи строительной техники

Стремление изолировать постройку от внешнего мира, обусловленное возвратом к натуральному хозяйству, распространенностью войн и грабежей, являвшихся основной формой эксплоатации в феодальном обществе.

Стремление феодалов и местного населения сделать дороги проходимыми лишь для верхового и вьючного транспорта (с целью эксплоатации путешественников).

Постройка укрепленного дома-замка в деревне и изолированного особняка в городе. Проблема борьбы с опасностью распора, обусловленная упадком плотничьего искусства, с одной стороны, и ростом высоты построек с развитием замковой и церковной архитектуры — с другой. Необходимость добиться восприятия грунтом большой нагрузки, обусловленная увеличением массы постройки.

Переход на местные низкосортные материалы как причина уменьшения запасов прочности.

Нервюрный стрельчатый свод как средство перекрывания любых форм плана арками одинаковой высоты. Контрофорс и аркбутан как средства поглощения распора свода, усиленного (распора) сосредоточением нагрузки (благодаря гуртам) и ростом высоты построек.

Сужение масштабов кооперации работников и механизации работ как причина удлинения сроков постройки. Соборы в Пизе, Париже и Амьене как наиболее показательные образцы «средневековой» строительной техники.

Задача поднимания грунтовых вод на поверхность, поставленная разрушением римских водопроводов и неумением восстановить их. Потребность уменьшить вредное влияние свалки нечистот и слива вод непосредственно у жилья, обостренная разрушением римской канализации при одновременном увеличении тесноты в городе. Проблема интенсификации отопления жилых помещений и устранения сквозников, сопровождавших вентиляцию, обострившаяся при перемещении центра культуры в северные широты.

Задача использования массы воды, выдвинутая развитием горного дела, где по геологическим условиям было трудно использовать силу удара воды.

3. Сооружение зданий, поражающих своими размерами

Стремление добиться впечатления величественности от собора, обусловленное необходимостью поразить воображение и подавить сознание зрителей.

Переход от симметрии к живописному расположению плана. Создание преувеличенного представления о величине здания путем многочисленных его подразделений, частым расположением поперечных аркад в сводчатом перекрытии среднего нефа, дробностью блоков, смелостью и богатством очертаний и многосложностью масс. Увеличение размеров окон до заполнения ими всего пространства стены. Увеличение стрелы подъема арок и стропильных ферм, умножение контрофорсов, дающих глубокую тень. Вертикальный характер всей композиции здания и вертикальность расчленения фасада с целью усилить впечатление высоты. Применение открытых стропил и зубчатого прорезного орнамента, построенного на использовании игры света и тени. Выполнение человеческих фигур орнамента в натуральную величину, чтобы облегчить зрителю уяснение масштаба здания. Увеличение числа фигур до пределов, исключающих возможность их даже приблизительного подсчета.

4. Развитие изолированного укрепленного особняка

Стремление феодала защитить свой загородный дом от восстаний эксплоатируемого им крестьянства и от нападений других феодалов. Сооружение вокруг дома крепостной стены, снабженной зубцами и башнями. Слабая защищенность входа и применение в целях его усиления рва и подъемного моста. Стремление феодала изолироваться и от трудящегося населения замка, обусловленное остротой классовых противоречий. Диференциация территории замка на передний двор, дом для прислуги, с одной стороны, и на хозяйственные помещения (сараи и амбары) и расположенное в башне жилье владельца (донжон) — с другой.

Необходимость уместить лестницу на небольшой площади, вызванная развитием построек в вертикальном направлении. Применение винтовых лестниц. Воспроизведение вертикальных форм замковой архитектуры в архитектуре церквей.

5. Преодоление распора

Упадок плотничного искусства как причина неумения справиться с горизонтальным распором пологой стропильной фермы при помощи затяжки. Борьба с распором посредством возврата к принципу взаимного упора, обусловившего развитие высокого щипца и шпица. Увеличение опасности распора с ростом высоты построек, вызванным развитием замковой и церковной архитектуры. Поиски способов уменьшить и поглотить распор. Применение стрельчатой арки, развивающей меньший распор, чем полуциркульная.

Жесткость крестового свода, делавшая его крайне чувствительным к отклонению устоев. Выделение из массы свода несущего скелета и конструирование, таким образом, нервюрного свода, способного к известным деформациям. Утрата стеной своего прежнего значения для устойчивости свода.

Необходимость приспособления, поглощающего распор, и применение контрофорса в качестве средства поглощения распора. Отодвигание контрофорса на известное расстояние от опоры, вызванное необходимостью повышения устойчивости, и проблема передачи силы распора. Изобретение передающего распор аркбутана. Поглощение распора увеличением массы контрофорса и загрузка его надстройкой башенки (пинакль).

Появление неизвестного до той поры разделения функций между частями сооружения: восприятие вертикального давления устоями, горизонтального распора контрофорсами и передача распора аркбутаном. Освобождение внутренности здания от загромождавших его массивов как результат перенесения масс, противодействующих распору, изнутри здания наружу.

Необходимость обеспечить устойчивость каркаса здания в продольном и поперечном направлениях. Применение арок трифориума и арок формере. Потеря стеной функции несущей конструкции и заполнение окном всех промежутков между опорами.

6. Борьба с осадкой фундамента

Необходимость мощного основания для контрофорсов и устоев, обусловленная сосредоточением на них всего веса здания. Недостаточность башмаков для распределения нагрузки на большую площадь грунта. Борьба с опасностью образования трещин посредством сочетания бутового ядра с облицовкой из крупного тесаного камня.

Борьба с опасностью сдвига устоев путем укладки сплошного фундамента под каждым рядом устоев и созданием решетки, связывавшей столбы и основания устоев посредством скрытых в земле стеночек из мелкого утрамбованного камня.

7. Поддержание дорог в состоянии, годном лишь для верхового и вьючного транспорта

Поддержание дорог в проезжем состоянии местным населением в порядке феодальной повинности. Примитивная техника дорожных работ, сводившаяся к выравниванию полотна дороги путем завалки ложбин хворостом и камнями. Большая дорога как место феодальных грабежей.

Постройка феодалами мостов на суше с целью собирания с путешественника мостового сбора. Применение стрельчатой арки и обусловленное этим увеличение числа опор. Необходимость укрепления устоев, вызванная последовательностью возведения арок, а также усилением напора воды, и попытки добиться этого постройкой зданий вдоль проезжего строения моста.

8. Поднимание грунтовых вод на поверхность

Возврат к колодезному водоснабжению в связи с разрушением римских водопроводов и неумением восстановить их. Затруднения с подниманием воды из глубоких колодцев, обусловленные неумением строить водоподъемные сооружения. Сделанное в горном деле открытие, что при наклонном положении водоносного слоя вода выливается из скважин на поверхность и нередко бьет со значительной силой. Применение в XIII в. в провинции Артуа (Франция) колодцев, построенных на этом принципе (артезианские).

9. Уменьшение вредного влияния свалки нечистот и слива вод непосредственно у жилья

Сохранение канализации лишь в монастырях и необходимость для большинства городского населения сваливать отбросы и сливать нечистоты на территории своего двора. Опасность заражения помойной ямой воздуха и почвы. Попытки борьбы с этой опасностью засыпанием старой ямы и рытьем поблизости от нее новой. Антисанитарное состояние средневековых городов, перманентный характер эпидемий и колоссальная смертность.

10. Интенсификация отопления жилых помещений

Обострение проблемы отопления с перемещением центров политической жизни и культуры в северные широты. Необходимость в дымовой трубе, обусловленная передвижением очага из соображений экономии места с середины комнаты к стене. Постройка в городах многоэтажных домов как средство преодоления земельной тесноты. Превращение очага в камин. Опрокидывание тяги при сильном ветре и изобретение флюгарки. Открытие известного подсасывающего действия флюгарки.

11. Борьба с сквозниками, сопровождавшими вентиляцию

Неизбежность сквозников при использовании в качестве приточных отверстий двери и окна. Расположение отдушины в верхней части стены для обеспечения притока воздуха без сквозника. Скопление у вершины свода дыма при соединении в одной кухне нескольких каминов. Вызванное этим затруднение как притока воздуха, так и отвода дыма. Отделение тока воздуха от тока дыма посредством применения двух вставленных одна в другую труб.

12. Использование в гидравлических двигателях массы воды

Невозможность получить в большей части горных потоков силу удара, достаточную для обслуживания подливного колеса. Переход от использования удара к использованию массы воды и превращение на этой основе лопастного подливного колеса в ковшевое наливное.

Использование массы воды как средство эмансипации работы водяного колеса от наличия мощных многоводных потоков. Ограничение применения водяного колеса местами значительного естественного перепада воды. Создание искусственного подпора при помощи запруды. Сооружение запруды из бревенчатых свай, заполненных земляной засыпкой. Непригодность для засыпки некоторых видов грунтов и удаление их из тела плотины. Размывание таких запруд во время половодья и необходимость их ежегодного восстановления.

IV. Эпоха мануфактуры

1. Общее состояние техники

Распределение различных моментов первоначального накопления между Италией, Испанией, Португалией, Голландией, Францией и Англией. Отделение производителя от средств производства. Сосредоточение рабочих, орудий труда и сырых материалов в немногих больших казар-

мах и вызванная этим революция в конструкции построек, складов, аппаратов, в форме сосудов, инструментов и т. д.

Превращение простой кооперации в кооперацию частичных рабочих, а орудия в частичное орудие (детальная дифференциация и специализация инструмента).

Экономический (изготовление данного количества продукта в течение данного времени) и технический (железный закон пропорций и отношений) законы развития мануфактуры и их влияние на технику отстающих и забегающих вперед отраслей.

Применение машин в некоторых элементарных подготовительных процессах, требующих для своего выполнения большого количества людей и большой затраты силы. Превращение водяного колеса в универсальный двигатель промышленности (мукомольное, горное, пороховое, писчебумажное, лесопильное, текстильное производства).

Перевороты, вызванные водяным колесом в металлургии (доменный процесс) и в горном деле (водоподъемные и грузоподъемные сооружения и вентиляционные устройства). Появление новых материалов: чугуна, каменного угля, картофеля, фаянса и фарфора, свинцового стекла.

Технические сдвиги, вызванные спорадическим применением машин (изобретение ротационного токарного станка, зуборезной фрезы).

Борьба с трением путем замены скольжения качением (шариковые и роликовые подшипники и антифрикционные профили зубцов в колесах).

Развитие (в связи с колонизацией) военного дела и его влияние на технику (фортификационные сооружения против огнестрельного оружия, развитие ружейного замка, зернение пороха).

Сдвиги в химической технологии, вызванные развитием военного дела (фармацевтическая химия, применение новых кислот и солей).

Непригодность для эпохи мануфактуры средств транспорта, оставленных в наследство эпохой ремесла, и переворот в транспорте (корабль с глубокой осадкой и сложным такелажем, введение двух осей, поворотного передка, рессор, шин и верха в экипаже).

Крушение системы Птоломея под давлением фактов, обнаруженных мореплаванием, и открытие Коперником действительного строения солнечной системы. Разработка на этой базе небесной механики (Кеплер и Ньютон), развитие практической (телескоп и микроскоп) и теоретической (Кеплер, Ферма, Ньютон и Гюйгенс) оптики.

Открытие в связи с водопроводным делом атмосферного давления (Галилей, Торичелли, Герике, Паскаль) и появление механики жидких тел и газов (Бойль и Мариотт). Развитие на базе спорадического применения машин земной механики (см. соответствующий раздел программы) и на службе у нее высшей математики (см. соответствующий раздел).

Попытки объяснить сущность металлургических процессов гипотезой о флогистоне и освобождение при помощи этой гипотезы химии от алхимии.

Неспособность мануфактуры удовлетворить ею самой порожденные потребности вследствие органических ограничений технического процесса, связанных с личностью работника (невозможность для одного прядильщика работать на двух самопрялках и т. п.).

2. Задачи строительной техники

Необходимость увеличения вместимости зданий, вызванная развитием торговли и промышленности, расцветом общественной жизни и жестокой борьбой светского искусства с церковным.

Постройка больших производственных помещений, способных вместить значительное количество совместно работающих людей и большие массы товаров.

Возведение церквей, которые по своим размерам и акустическим свойствам могли бы служить аудиториями для пропаганды религиозного мировоззрения боровшихся между собой церковных течений (протестантизм и католицизм).

Постройка роскошных жилых особняков, рекламировавших богатство их владельцев.

Проблема перекрытия больших пролетов, поставленная постройкой ратуш, гостиниц, соборов, театров, фабрик, казарм, складов и мостов.

Необходимость укрепления мягкого сжимаемого грунта, поставленная необходимостью строить здания в любом месте.

Возврат к высококачественному дальнепривозному тесаному камню как один из факторов увеличения запасов прочности.

Сварочное (передельное) железо как материал, хорошо работающий на растяжение. Разделение стропильной фермы на элементы, выполняющие различные функции, подвешивание потолка, разделение купола на функционально различные элементы, применение эллиптической, параболической и гиперболической арок как средство перекрывания больших пролетов.

Испытание моделей как средство компенсировать отсутствие правил теоретического расчета.

Применение ручных грузоподъемных механизмов как средство устранить потребность в большом количестве рабочей силы для подготовительных операций.

Собор Петра в Риме, Антверпенская Ратуша и Лувр как образцы строительной техники эпохи мануфактуры.

Потребность в сооружении дорог, пригодных для грузового и скоростного колесного транспорта, выдвинутая развитием торговли.

Необходимость поднимания воды из рек в водонапорные баки, обусловленная недостаточностью колодцев для водоснабжения больших торговых городов и крупных мануфактур.

Задача регулярного удаления нечистот из промышленных и жилых зданий, поставленная ростом городов и скученностью населения.

Проблема более полного использования теплоты продуктов горения, обострившаяся с переходом торгового преобладания к северным странам. Развитие вентиляции, независимой от отопления, в связи с постройкой больших театральных зданий и ростом шахтного строительства.

Превращение водяного колеса в универсальный двигатель промышленности, вызванное потребностью применения механической двигательной силы во вспомогательных процессах ряда производств.

3. Сооружения построек, поражающих гармонией своих частей

Стремление к гармонии отдельных частей зданий, обусловленное воспроизведением античных образцов, явившихся в руках буржуазии средством освобождения от идеологического гнета католицизма. Возврат к симметрии плана и фасада, к простоте замысла и крупным членениям, которые создавали впечатление, что здание меньше, чем оно было на самом деле. Применение крупных блоков, покрытие поверхности кирпичных стен слоем штукатурки. Замена крутых щипцов фронтонами треугольной, лучковой и полуциркульной формы. Преобладание горизонтальных линий карнизов, поясков и балконов. Выполнение человеческих фигур в величину, много большую натуры, создававшее впечатление, что величина зданий меньше, чем она была в действительности. Широкое применение классических ордеров как с конструктивными, так и с чисто декоративными целями.

4. Появление специального производственного помещения

Потребность в больших производственных помещениях и складах для сырья и товара, вызванная применением в мануфактуре большой кооперации людей и развитием как внутреннего, так и международного рынка.

Необходимость увеличения пролетов, обусловленная применением машин в подготовительных процессах, требовавших большой силы и большого количества рабочих.

Задача сооружения мощных опор для рабочих механизмов, приводимых в движение водяным двигателем, и для передаточного механизма, состоявшего из зубчатых колес, рычагов и коленчатых валов. Применение массивных деревянных брусьев, укрепленных подкосами.

Потребность в освещении производственного помещения. Удовлетворение этой потребности применением большого количества часто расположенных больших окон (частый переплет).

5. Перекрытие больших пролетов

Непригодность для перекрытия больших пролетов простой балки вследствие опасности ее прогиба под влиянием собственного веса и непригодность фермы, построенной на принципе взаимного упора, а также стрельчатой арки вследствие несоразмерного (с увеличением пролета) увеличения стрелы их подъема. Поиски конструкций, пригодных для больших пролетов. Усиление балки укладыванием двух брусьев друг на друга и скреплением их врубками зубом, шпонками или болтами (для устранения опасности скольжения).

Разделение Палладио (1518—1580 гг.) элементов стропильной фермы на главные и поддерживающие. Применение в купольных стропилах нескольких рядов кружал, соединенных в цельную жесткую систему. Устранение подразделения таких стропил на отдельные участки в связи со стремлением сделать все узлы жесткими и зарождение таким образом арки Делорма (XVI в.).

Проблема преодоления собственного веса купола и создаваемого им горизонтального распора. Ее разрешение применением внешнего купола, разгружающего внутренний и принимающего на себя вес фонаря (купол Бруннелеско, Микель-Анджело и Ренна).

Соотношение между распором и величиной стрелы в полуциркульной и пологой арках, делавшие и ту и другую непригодными для перекрытия больших мостовых пролетов. Сочетание в трехцентровой арке положительных элементов полуциркульной и пологой арок.

6. Сооружение дорог, пригодных для грузового и скоростного транспорта

Переворот в средствах сухопутного транспорта, обусловленный тем, что средства передвижения, завещанные эпохой ремесла, не удовлетворяли потребностям производства в обстановке расширенного разделения труда, концентрации рабочих и средств производства и наличия колониальных рынков.

Непригодность грунтовой дороги для грузовой телеги и почтовой кареты. Постройка упрощенных шоссе римского типа: земляного, устланного большими плашмя положенными камнями и обложенного по бокам бордюрными камнями корыта с насыпанным в него щебнем.

Неспособность средневековых мостов удовлетворять одновременно интересы сухопутного и водного транспорта вследствие малой свободной высоты моста и большого количества промежуточных опор. Устранение этих затруднений применением шпренгельных и подвесных деревянных ферм (Палладио), деревянных арок (Делорм — XVI в. и Готей — XVIII в.) и сложных ферм (Файоль и бр. Грубенман — XVIII в.).

7. Применение напора воды в водопроводных сооружениях

Необходимость поднимания воды из рек, обусловленная отсутствием поблизости высоко расположенных естественных водоемов и недостаточностью колодцев для водоснабжения больших торговых и промышленных городов. Усовершенствование водоподъемных устройств, вызванное прогрессом горного дела (штанговые и скалковые насосы, нории и патерностер, приводимые в движение водяными колесами, пароатмосферная помпа Севери и поршневая машина Папина — Ньюкомена). Устройство на базе применения этих механизмов водопроводных насосных станций. Необходимость устранить перерывы в водоснабжении, вызывавшиеся как перебоями в работе насосной станции, так и колебаниями водоразбора. Введение в водопроводную систему водонапорных баков, ослабивших зависимость водоснабжения от колебания в работе насосных станций.

8. Регулярное удаление нечистот из промышленных и жилых зданий

Невозможность засыпки помойных ям во дворах, обусловленная быстрым накоплением нечистот под влиянием роста города и скученности населения. Периодический вывоз содержимого помойных ям и отхожих мест на загородную свалку. Развитие ассенизационных обозов. Стремление преодолеть опасность заражения воздуха и почвы. Устройство закрытого выгреба и вентиляционных труб над помойными ямами и отхожими местами. Спуск промышленных сточных вод в реки и заражение таким образом источников питьевой воды. Устройство около предприятий специальных промывных и сточных прудов.

9. Более полное использование теплоты продуктов горения

Обнаружившаяся с переходом торгового преобладания к северным странам неспособность камина (прибора, построенного на использовании небольшой лучеиспускательной способности древесного топлива) отопить здание в холодном климате. Замена древесного угля каменным углем, обладающим большой лучеиспускательной способностью, но требовавшим большей тяги и интенсивного удаления золы. Изобретение колосниковой решетки. Расположение в отапливаемом помещении большого отрезка дымохода, поглощавшего значительное количество тепла, с целью добиться усиления теплоотдачи. Оборачивание дымохода в целях экономии места и увеличения теплоемкости: изобретение голландской печи и пенсильванской печи (В. Франклин — XVIII в.). Сохранение тепла от уноса в трубу с помощью вьюшки.

10. Вентиляция, независимая от отопления

Необходимость вентилировать глубокие шахты и большие театральные здания независимо от их отопления. Неспособность естественной вентиляции удалять продукты дыхания и горения, а также рудничные газы. Усиление воздухообмена применением специальной воздушной шахты с подогревом и непригодность ее для рудников, выделявших гремучий газ. Нагнетание воздуха при помощи вододействующих клинчатых мехов как средство увеличить скорость движения воздуха по выработкам без опасности взрыва, создаваемой вентиляционной печью.

11. Превращение водяного колеса в универсальный двигатель промышленности

Потребность применить механическую двигательную силу в мукомольном деле, бумажном производстве, пороходелии, горном деле, металлургии, лесопильном деле и водопроводных установках. Водяное колесо как механический двигатель, способный привести в движение жернов, бегун, воздуходувные мехи, хвостовой молот, рамную пилу, насос и норию, однако территориально ограниченный размещением гидроресурсов и недостаточно мощный для обслуживания кооперации машин.

Постройка плотин на больших реках и необходимость в этих условиях сочетать в плотине большую устойчивость с водонепроницаемостью. Разрешение этой проблемы с помощью разделения плотины на элементы, выполняющие различную работу: на устойчивую опорную конструкцию и водонепроницаемый фартук. Перенесение водонепроницаемой конструкции в тех случаях, когда применяемый для ее изготовления материал не в состоянии выдержать напора, с напорного слоя в центр плотины. Устранение затруднений, создаваемых плотинами для судоходства, применение судоходных каналов с камерным шлюзом (Альберти, XV в.).

12. Создание современной механики

Роль строительной техники в накоплении наблюдений, противоречащих аристотелевским представлениям о свободном падении тел и о траектории брошенного тела. Бессилие архимедовой формулировки закона равновесия объяснить работу блока. Открытие принципа статического момента (Леонардо да-Винчи), уничтожившее разделение действующих импульсов на груз и силу. Неспособность принципа статического момента объяснить работу полиспаста и открытие принципа возможных перемещений (Стевином).

Изучение Галилеем свободного падения тел и открытие им двух противоречивых положений: пропорциональности пространства, пройденного падающим телом, квадратам времени падения и пропорциональности количества движения тела его скорости. Попытка Декарта преодолеть это противоречие принятием за меру движения произведения массы на скорость. Непригодность декартовой меры для измерения силы удара и исследование механики удара рядом ученых (Валлис, Гюйгенс и Ренн). Открытие Лейбницем, что декартова мера (несмотря на свою пригодность для измерения давления и натяжения покоящихся тел) противоречит закону падения, и разделение им движущих сил на мертвые и живые. Открытие Рише, что одна и та же масса имеет в разных широтах различный вес, и выделение понятия массы из понятия веса. Непригодность скалярного понятия силы для исследования сил, действующих под определенным углом. Векторная трактовка понятия силы и принцип независимости действия сил (Стевин, Ньютон, Вариньон). Невозможность на основе принципов, открытых Галилеем, и без ясного представления о механической природе массы объяснить движение тел, взаимно влияющих друг на друга. Устранившее эти затруднения открытие принципа равенства действия — противодействия (Ньютон) и принципа центра качаний (Гюйгенс).

Продолжение работ Галилея в двух направлениях: Ньютоном — Пуансо (признание силы первичным понятием, а работы — производным, взгляд на силу как функцию расстояния, систематизация механики на основе понятий силы, массы и количества движения) и Гюйгенсом—Понселе (признание работы за первичное понятие, а силы — за предельную величину отношения приращения работы к приращению пути, систематизация механики на основе понятий «эквивалент работы» и «живая сила».

Попытка Мопертюи устранить трудность понимания «количества движения» чисто логически — введением в механику принципа наименьшего действия. Неумение механиков объяснить, каким образом при наличии статических связей возникают действительные элементы скоростей каждого тела и самостоятельные равновесия между нейтрализующимися силами. Попытка Даламбера свести динамику к статике разложением приложенных сил на действующие и связанные, которые благодаря своим связям уравновешивают друг друга.

13. Развитие высшей математики на службе у механики

Роль строительного дела в изучении свободного падения тела и траектории брошенного тела (Галилей и Декарт), давления жидкости на стенку и дно сосуда (Стевин и Паскаль), истечения жидкости из бокового отверстия (Торичелли), преломления света (Кеплер и Ферма), колебания маятника (Галилей, Гюйгенс, Яков Бернулли) и явления удара (Валлис, Ренн, Гюйгенс). Потребность всех этих исследований в выражении протяженных величин числами. Ассимиляция процесса изменения раздельной величины изменению величины сплошной и такая трансформация понятия числа, которая сделала его пригодным для выражения сплошных величин.

Преобразование математики введением понятия «геометрическое исчисление» (декартова система прямоугольных координат и система полярных координат Якова Бернулли) и понятия «бесконечно малой разности» (кеплеровы «бесконечные и потому мельчайшие кружочки», галилеев «треугольник пространства», «касательные» Торичелли и Роберваля, «неделимые» Кавальери).

Два направления в решении проблемы анализа бесконечно малых: флюксионное исчисление Ньютона как внесение к математику понятия о движении и скорости движения и диференциальное исчисление Лейбница как разрешение непрерывного изменения сплошной величины в сумму бесконечно малых изменений, выражаемых бесконечно малым нарастанием числа. Потребность в устранении затруднений логического порядка и введение понятия предела (Валлисом), диференциального треугольника и углового коэфициента (Барроу), разработка терминологии и символики (Лейбниц, Гюйгенс, Яков Бернулли). Доказательство взаимной обратимости диференцирования и интегрирования и разработка приемов обеих этих операций (Лейбниц и Яков Бернулли).

Роль систематизаторов в устранении логических затруднений (валлисово изложение аналитической геометрии и лопиталево изложение анализа бесконечно малых).

Возможность решить при помощи новых методов ряд труднейших математических задач (удвоение куба, трисекция угла, квадратура круга, задача Паппа, касательная к кривой и площадь кривой, объем сфероидов, проблемы максимума и минимума, изохроны, центра качаний и т. п.).

14. Зарождение строительной механики

Потребность в объяснении явлений упругости и в средствах расчета несущих конструкций. Попытки Галилея объяснить упругость волокнистых тел трением волокон, а упругость кристаллических тел боязнью пустоты и объяснение им прочности величиной наибольшего нормального напряжения. Крушение вместе с открытием атмосферного давления теории боязни пустоты и появление концепции притяжения-отталкивания, базирующейся на открытии Ньютона. Разработка теории изгиба и открытие нейтральной оси. Наличие и местоположение ее в балке (Галилей, Мариотт, Лейбниц, Паран).

Потребность в выявлении связи между напряжением и деформацией и открытие Гуком закона пропорциональности. Необъяснимость объяснить сохранение целости балки при сочетании растяжения в нижней зоне со сжатием в верхней. Разработка Яковом Бернулли гипотезы плоских сечений и уравнения упругой линии. Придание Эйлером уравнению упругой линии диференциальной формы. Применение висячих мостов и определение Иоганном Бернулли уравнения цепной линии.

Потребность определить величину силы, под действием которой может искривиться длинная стопка постоянного сечения. Разработка Эйлером понятия критической силы и формулы, выражающей интересовавшие его современников соотношения. Трудности, связанные с объяснением работы арки и свода. Выяснение, что гипотеза Бернулли и закон Гука здесь противоречат друг другу, и трудности, вытекающие из того, что нейтральная линия кривого бруса не проходит через центр тяжести.

Разработка Кулоном теории свода. Изучение Кулоном сопротивления при срезывании. Открытие Лемери и Реомюром текучести металлов. Необходимость выяснения давлений грунта и трудности, связанные с наличием в этой задаче большого количества неизвестных. Разработка Кулоном метода призмы, построенного на изучении поверхности скольжения. Изучение Кулоном законов трения и углов внутреннего трения в связи с его работами над теорией грунтов и анализом кладки.

V. Эпоха промышленного капитала

1. Общее состояние техники

Машинное производство как предпосылка освобождения производственного процесса от ограничений, связанных с личностью работника (благодаря появлению рабочих машин в виде циклопического механического воспроизведения ремесленного инструмента и в виде сочетания большого количества отдельных инструментов), и от ограничений, связанных с географическими условиями (благодаря применению парового двигателя, производящего свою двигательную силу за счет потребления воды и угля, а также благодаря появлению парового транспорта). Последовательность и особенности развития машинного производства в Англии, Франции, Германии, Соединенных штатах Америки и в России.

Производство машинной относительной прибавочной стоимости как экономический закон развития машинного производства (ткацкий станок, сельфактор и т. п.). Непрерывность технологического процесса как технический закон развития машинного производства. Революционность технического базиса машинного производства и перевороты в различных отраслях производства, переплетающихся между собой как фазы одного процесса (переворот в машиностроении, вызванный суппортом; переворот в металлургии, вызванный мартеновским процессом; переворот в горном деле, созданный механизацией подъема; переворот в земледелии, вызванный применением искусственных минеральных удобрений; переворот в красильном деле, вызванный применением бензола; переворот в военной технике, вызванный употреблением нитроглицерина, и т. п.).

Разделение различных функций машины между различными ее частями путем создания для каждой функции особого органа (выделение в паровой машине парообразования и конденсации пара в котел и холодильник).

Использование полезных свойств материала при устранении влияния его вредных свойств (выжиг кокса из каменного угля, вынесение топки из плавильного пространства пудлинговой печи, подогрев дутья в домне). Сочетание в одной конструкции противоположных свойств двух конкурировавших конструкций (мюль-машина как комбинация ватера и «дженни») и сочетание в одном материале противоположных свойств различных материалов (армирование и покрытие).

Регенерация тела (экономайзер, каупер, регенератор). Использование теплоемкости и теплопроводности металла (металлический экран в лампе Дэви и металлические радиаторы отопительных систем). Сочетание большой поверхности действия с малыми габаритами (змеевик, трубчатый и водотрубный котел).

Борьба с мертвым весом (увеличение скорости движения машин, применение высококачественных материалов и пустотелых конструкций). Борьба с холостыми ходами (ускоренное холостое движение и устранение холостого движения).

Использование воздуха в производстве (пневматические машины) и его компонентов (кислород в кауперовском и бессемеровском дутье).

Борьба с трением (фитильная и кольцевая смазка).

Замена эмпирических рутинных методов производства сознательным применением естествознания и усовершенствование «теоретической концепции».

Появление современной технологии. Открытие в кислороде реального антипода мифического флогистона (Пристлей, Лавуазье) и создание современной химии (Дальтон и Менделеев).

Появление термодинамики (Фурье, Карно, Майер, Клаузиус). Оформление учения о деталях машин и кинематики механизмов (Ланц, Бетанкур, Виллис, Лабуле, Редтенбахер и Рело).

Появление начертательной геометрии и номографии (см. программу). Завершение теоретической и строительной механики (см. программу). Открытие законов электричества (Ампер, Фарадей, Максвелл, Герц).

Возможность дарового использования капиталистом научных открытий, для эксплоатации которых требуется дорогой и сложный аппарат.

Роль выходцев из рабочего класса в развитии науки и техники.

2. Основные проблемы строительной техники

Превращение производственной постройки в элемент основного капитала и средство создания дохода не только для владельца, но и для нанимателя. Переворот, вызванный капиталистическим производством в домостроении, выразившийся в том, что предприниматель-строитель стал строить дома не на заказчиков, а на рынок. Превращение предпринимателя в квартирохозяина своих рабочих. Появление безобразных в архитектурном отношении коробок для технологического процесса как результат стремления предпринимателя избежать «излишних» капиталовложений. Появление таких же безобразных в архитектурном отношении казарм для рабочих. Использование архитектурной красоты и технического оборудования жилого дома «удобствами» для извлечения добавочного дохода.

Требования в отношении пролетов и нагрузок, выдвинутые применением паровой машины в качестве универсального двигателя крупной промышленности и связанной с этим кооперацией машин. Чугун, прокатное железо и портланд-цемент как материалы, открывшие для строительной техники ряд новых возможностей, железная клепаная конструкция как средство восприятия больших динамических нагрузок и перекрытия больших пролетов. Портланд-цемент как предпосылка прогресса каменных конструкций. Появление строительной механики и ее влияние на развитие строительной техники.

Механизация земляных работ на базе применения силы пара. Парижская библиотека Женевьевы, Лондонский спортивный зал, Эйфелева башня и Фортский мост как образцы строительной техники эпохи промышленного капитала. Требования, предъявленные машинным производством к водоснабжению и канализации и к отоплению и вентиляции. Возможности, открытые для строительной техники применением парового двигателя и рабочих машин (механизация земляных работ, реконструкция отопления, вентиляции, водоснабжения и канализации). Появление новых материалов — портланд и роман цементы. Требования, предъявленные к строительному делу с введением парового транспорта.

3. Сооружение коробки для технологического процесса

Крупное промышленное предприятие, как кооперация машин (представляющих собой или «циклопическое и механическое издание» старых ремесленных инструментов, или соединение на одной станине большого количества рабочих инструментов), построенная на применении парового двигателя в сочетании с групповой ременно-шкивной трансмиссией.

Непригодность завещанного мануфактурой деревянного барака для размещения циклопических машин, расположения ременно-шкивной трансмиссии и восприятия создаваемых работой машин динамических нагрузок. Необходимость в больших пролетах и мощных фундаментах. Широкое применение термических методов обработки и химических процессов и выделение в производственном помещении больших количеств тепла, дыма, газа, а также образование пыли. Задача удаления тепла и дыма, газов и пыли, выдвинутая рабочим классом в борьбе за охрану труда. Необходимость водоснабжения крупного предприятия и его канализации, обусловленная применением воды в технологических процессах и ростом пожарной опасности.

4. Сооружение доходного дома с удобствами

Развитие деловых, коммерческих путешествий, вызвавшее потребность в гостиницах, представляющих собой временное жилище, но соединяющих все удобства жизни в собственном особняке. Стремление увеличить этажность здания, обусловленная ростом земельной ренты в растущих промышленных городах. Трудность отопления, водоснабжения и очистки от нечистот таких домов, обусловленная их этажностью, комфортабельностью и расположением их в центре города. Проблемы централизации отопления, домового водопровода и домовой канализации; «удобства» как источник дополнительного дохода. Оборудование «всеми удобствами» доходных домов с квартирами, арендуемыми мелкой буржуазией и буржуазной интеллигенцией.

5. Сооружение доходного „общественного" здания

Использование как отдельными предпринимателями, так и буржуазными муниципалитетами в качестве источника дохода сценического зрелища, музыки, средств санитарии и гигиены. Постройка театров и концертных зал, общественных бань и купален. Классовая дифференциация мест в театрах и концертных залах (удобные, но дорогие, дешевые, но неудобные) и классовая дифференциация в банных и купальных заведениях («чистые» и «простонародные»). Использование комфорта как источника добавочного дохода. Потребность в централизации отопления, водоснабжения и канализации в банных помещениях.

6. Преодоление больших динамических нагрузок

Большие пролеты и большие динамические нагрузки, порожденные развитием крупного машинного производства и парового транспорта. Задача усиления сопротивлений изгибу простой балки. Увеличение Лаве (1840 г.) момента инерции посредине балки посредством разрезки бруса вдоль по средней оси и вставки распорок. Недостаточность сопротивления неразрезанных концов такой балки срезывающим усилиям и устранение этого затруднения путем усиления концов железными хомутами и болтами, а затем переходом к двум скрепленным между собой брусьям вместо одного разрезанного.

Неэкономичность арки Делорма, обусловленная потребностью в досках большой ширины, обнаружившаяся после наполеоновских войн, когда состояние хозяйства Франции потребовало экономии материалов. Предложение Эми (1830 г.) о переходе от установки досок на ребро к укладке их плашмя. Легкость арки Эми, но полученная за счет уменьшения сопротивления изгибающим моментам. Усовершенствование арки Эми Арденом, выдвинувшим идею сочетания дощатой арки со сквозной фермой. Непригодность фермы Палладио для больших пролетов при больших нагрузках вследствие разрыва затяжек в результате недостаточного сопротивления дерева растягивающим усилиям в сопряжениях. Разработка Полонсо статически определимой растянутой фермы, где в частях, работающих на растяжение, и в узлах было применено железо.

Чугун как материал, позволяющий получить монолитную конструкцию любой формы, но требующий изготовления ее не на месте работ, а в специальном предприятии и не допускающий резких переходов, малых толщин, разнящихся сечений, а также не переносящий ударов. Возможность замены чугуна сварочным железом, открытая развитием проката рельсов (Беркиншау 1820 г.) и прогрессом клепки (Ферберн). Развитие элементарной клепаной конструкции, преодолевшей недостатки чугуна и позволившей компановать конструкцию в соответствии с действующими в ней усилиями. Недостатки этой конструкции, обусловленные природой заклепочного шва, ослабляющего конструкцию дырами, необходимостью дополнительного расхода материала на узловые накладки, вставки и прокладки; неизбежность подбора сечения стержня по самому слабому месту и поэтому расхода излишнего материала не только в самом стыке, но и по всей длине стержня. Разработка железных конструкций (из стержней сложного сечения), построенных на принципе рамы.

Сплошная металлическая труба (Р. Стефенсон, мост через Меней 1846—1850 г.) как средство увеличения пролета, но за счет большого собственного веса. Многораскосная и многорешетчатая ферма (Мекнель, 1852 г.) как средство уменьшения собственного веса, но за счет опасности появления в элементах выпучивающих усилий. Борьба с этой опасностью применением большого числа (элементов решетки, таврового профиля и, наиболее радикально, применением вантовых систем Тельфорда). Легкость и геометрическая изменяемость вантовой системы, но за счет зыбкости, создававшей при неблагоприятной нагрузке разрушительный добавочный динамический эффект. Мостовые катастрофы XIX в. Преодоление геометрической изменяемости системы введением в нее балки жесткости.

Проблема гидравлических вяжущих, поставленная сооружением опор и фундаментов. Выяснение Смитоном (1791 г.) причин гидравличности извести, получаемой из известняков. Стремление соединить с известью возможно большее количество кремнезема и окиси железа путем соответствующих добавок и повышения температуры обжига (роман-цемент Паркера — 1792 г., портланд-цемент Аспдина — 1824 г. и Джонстона — 1844 г.).

7. Сооружение прочных оснований, выдерживающих большие динамические нагрузки

Увеличение массы сооружения и испытываемых им динамических нагрузок как причина роста требований к основаниям и фундаментам. Необходимость выбора места постройки не на основе характера грунтов, а из соображений хозяйственного порядка. Поиски способов укрепления сжимаемого грунта, на котором приходилось строить здания из соображений коммерческого характера. Частая забивка свай как способ укрепления грунта и неспособность ручного копра справиться с этой задачей. Применение парового молота (Несмит, 1840 г.) для забивки свай. Применение в местах, где уровень грунтовых вод лежит низко, отдельных столбов, связанных обратными арками, и опускных колодцев. Непригодность опускных колодцев в местах, где приходилось вести работу в текучей воде. Применение вместо каменной кладки железных труб и изобретение кессонов (Беккер и Фаулер).

8. Сооружение дорог для интенсивного парового транспорта

Потребность в переброске большого количества грузов и людей, обусловленная развитием крупной машинной промышленности. Паллиативный характер попыток решить эту задачу улучшением дорог без реконструкции средств передвижения: постройкой внутри страны судоходных каналов и применением новых принципов постройки шоссейных и рельсовых дорог. Гравийные дороги Трезаге на основании из камней, положенных не плашмя, а на ребро, имеющие дуговой профиль (1775 г.). Щебеночное шоссе без земляного корыта, введенное Мак-Адамом (1820 г.). Рельсовые дороги (чугунные полосовые рельсы на продольных лежнях, примененные Рейнольдсом в 1767 г., угловые рельсы Кэрра на поперечных шпалах — 1776 г., грибовидные рельсы Иссопа на каменных опорах — 1789 г.).

Реконструкция тяги применением пара и требования, предъявленные транспортом к верхнему строению пути. Твердость каменной постели, обеспечивающая прочность пути, но в то же время разрушительно действовавшая на подвижной состав и на самый путь. Устранение этого недостатка применением балластного слоя и деревянных шпал. Поиски наиболее рациональной формы рельса (рельс Иссопа с утолщением в середине — 1798 г., рельс Стефенса с широкой пятой и уширенной головкой — 1834 г., коробчатый рельс Стрикланда — 1834 г., двухголовчатый рельс Локе — 1835 г., широкопятый рельс Виньоля — 1836 г., седловой рельс Берлоу — 1849 г., скобовый рельс Адамса — 1884 г., рельс-голиаф Зандберга — 1887 г.).

Чугун как материал, обеспечивавший желательную профилировку рельса, но не дававший необходимой прочности. Изобретение Беркиншау (1820 г.) вальцев для прокатки рельсов, открывшее возможность замены чугуна железом. Разработка наиболее рациональной формы стыка (скошенный стык Лоша — 1809 г., введение Стефенсом стыковых накладок, стык на весу Адамса — 1847 г., стефенсоновский стык внахлестку — 1835 г., мостовой стык Фаулера — 1849 г.)

Стремление освободиться от быстро портившейся деревянной шпалы (плоские чугунные подушки Поисле и чугунные колокола Грива — 1846 г., шпаловые рельсы Барлоу 1849 г., Адамса — 1854 г., Гартиха — 1865 г. и Гаармана — 1874 г.). Сочетание в паровом транспорте большой скорости и грузоподъемности с большим сопротивлением подъему и сопротивлением на закруглениях. Борьба с этими неудобствами разработкой оптимального отношения подъема и радиуса закругления. Борьба с сопротивлением подъему применением зубчатой рейки (чугунная рейка Блескинсопа — 1813 г., перенесение ее Каткартом в середину междурельсового промежутка — 1847 г., замена чугуна железом, предложенная Маршем — 1858 г., проект Риггенбаха о замене зубчатого колеса бесконечным винтом — 1863 г.) и применением канатной тяги (Пуркинье — 1825 г., Агудио — 1860 г.).

Борьба с сопротивлением подъему посредством нивелировки и пути при помощи насыпей, выемок, тоннелей и виадуков. Неспособность ферм Палладио), Файоля и бр. Грубенман выдержать нагрузки, возросшие с применением паровоза, и разработка новых конструкций Гау, Лонгом и Тоуном. Замена огнеопасного дерева чугуном (Дерлей и Вилькинсон — 1779 г.), оказавшимся, однако, недостаточно прочным материалом для железнодорожных мостов. Замена чугуна прокатом. Разрешение проблемы большого пролета применением висячей вантовой конструкции (Тельфорд — 1818 г.), трубчатой конструкции (Р. Стефенсон — 1846 г.) и консольной конструкции (Беккер и Фаулер — 1883 г.).

Обострение проблемы транспорта в горном деле, обусловленное развитием добычи руд и каменного угля. Преобразование подземного транспорта применением железных рельсов, железных вагонеток и конной тяги. Затруднения с подъемом ископаемого на поверхность, вызванное необходимостью перевалки при пользовании бадьей. Устранение этого затруднения клетью, позволившей поднимать ископаемое без перевалки (первый контейнер).

Металлический трос как средство реконструкции канатного транспорта. Неудобства паровоза для транспорта в районах, неблагоприятных по условиям грунта и для городского транспорта вследствие сопровождающих его эксплоатацию шума и дыма. Применение эстакадной подвесной дороги (дорога Пальмера — 1821 г., паровая дорога Ляртира — 1830 г.) и канатной тяги (Блеквалльская дорога Стефенсона — 1840 г.). Невысокая эстакада как средство эмансипации от нивелировки грунта и в то же время как тормоз для движения, пересекающего трассу дороги.

9. Централизация отопления больших зданий

Возможности, открытые для отопительной техники паровой машиной, давшей новые теплоносители — пар и воду, новый генератор тепла — котел и новые средства канализации теплоносителя — трубопровод. Изобретение водяного (Триевальд — 1716 г., Уатт — 1784 г.) и парового отопления (Кук — 1745 г., английские инженеры 20-х годов XIX в.). Использование этой возможности в крупных предприятиях, больших комфортабельных отелях и многоэтажных доходных домах. Опасность взрыва котла в условиях сильного нагрева при недостатке воды и малая теплоемкость системы в паровом отоплении как причины развития водяного отопления. Неспособность котла низкого давления обслужить многоэтажные здания. Повышение давления Дювуаром в 1820 г. (до 3 *ат*). Медленность теплоотдачи в массивных печах и устранение этого недостатка введением радиаторов. Большой расход на трубы, обусловивший дороговизну водяного отопления. Уменьшение этого расхода Перкинсом (1831 г.), повысившим давление до 5 *ат*, что позволило снизить внутренний диаметр труб до 15 *мм*.

10. Механизация вентиляционных установок

Необходимость интенсификации воздухообмена, созданная развитием машинного производства, и потребность в удалении тепла, дыма, газов и пыли. Недостаточность вентиляции с подогревом для разрешения этой задачи вследствие зависимости такой вентиляции от состояния погоды и вследствие неравномерности ее работы. Увеличение дымовой трубы до гигантских размеров как средство преодоления зависимости тяги от колебаний температуры наружного воздуха. Разрешение проблемы эмансипации вентиляционной установки от состояния погоды применением механического вентилятора, приводимого в действие паровым двигателем.

11. Подача воды к месту ее непосредственного потребления

Потребность машинного производства и парового транспорта в громадных количествах воды, которых было невозможно подать ведрами или бочками ни из водоразборных колонок, ни из фабричных прудов. Обострение пожарной опасности в связи с применением паровых машин, промышленных печей и с постройкой горячих цехов и в связи с развитием керосинового и газового освещения в общественных и жилых зданиях, в особенности же в театрах. Трудность снабжения из водоразборных уличных колонок многоэтажных доходных домов. Возможности, открытые для подачи воды непосредственно к месту ее потребления применением парового двигателя, клепаных железных баков и железных труб. Устройство в предприятиях, общественных зданиях и жилых домах пожарных, умывальных и тому подобных кранов. Концентрация водопровода в буржуазных районах городов.

12. Подведение приемников сточных вод непосредственно к месту водоотлива

Увеличение количества промышленных и бытовых сточных вод в результате развития водопровода. Необходимость подведения приемников сточных вод непосредственно к месту их спуска, обусловленная совершенной невозможностью удалить их вручную. Изобретение (Клемент в 1778 г.) ватерклозета и его распространение в буржуазных особняках, отелях и доходных домах «с удобствами». Разрастание канализационной сети и учащение засорения каналов под влиянием попадания в них твердых отбросов и создания воздушных пробок. Устранение этой опасности применением смотровых и вентиляционных колодцев, а также расчетом сечения каналов в соответствии с количеством протекающих по ним вод. Конфликт между раз построенной системой канализации и дальнейшим развитием города. Расчет канализации на будущий рост города. Концентрация канализации в буржуазных районах городов.

13. Освобождение эксплоатации водяной энергии от ряда прежних ограничений

Вытеснение водяного двигателя паровым, освободившим промышленность от связи с рекой и обеспечившим получение больших мощностей, но в то же самое время требовавшим расходов на топливо и сильно понизившим к. п. д. Попытка Понселе (1820 г.) увеличить мощность водяного колеса посредством искривления лопаток и получения таким образом оптимального угла между направлением входной скорости и относительной выходной скоростью. Трудность искривления деревянных лопаток и дороговизна металлических лопаток как обстоятельства, помешавшие распространению этого колеса. Непригодность водяного колеса для различных гидрологических условий (для использования полного напора воды и для регулирования скорости при сохранении постоянного к. п. д.).

Изобретение Фурнейроном (1833 г.) радиальной реактивной турбины полного давления с внутренним притоком воды, открывшей возможность использования небывалых напоров.

Изобретение Френсисом (тогда же) радиальных турбин полного действия с внешним притоком воды, с большим к. п. д., но работающих лучше всего лишь при постоянном количестве притекающей воды.

Изобретение Геншелем (1873 г.) осевой турбины двойного действия, позволившей использовать полный напор между уровнями воды сверху и снизу, но давшей снижение к.п.д. с уменьшением количества притекающей воды.

Усовершенствование Нагелем конструкции Фурнейрона применением нижней подачи воды, разгрузившей оконечности вала турбины и обеспечившей возможность легкого осмотра. Конструирование Эшером и Виссом (40-е годы XIX в.) тангенциальных турбин, а Нагелем ярусных турбин для больших напоров и для сильно переменного количества воды.

Изобретение Швамкругом (тогда же) вертикальной турбины, наиболее пригодной при малом количестве воды и при большем напоре. Необходимость обеспечить подачу воды к турбине под достаточным рабочим напором и применение подводящего канала. Необходимость очистки воды для защиты турбины от песка и плавающих предметов; задачи поддержания верхней воды на определенном уровне, предохранения турбины от сильных ударов при регулировании и распределения воды. Разрешение этих задач устройством водяного замка.

14. Разработка аналитической механики

Неупорядоченность материала механики и громоздкость вычисления ряда механических величин. Переработка Лагранжем механики на основе принципа виртуальных скоростей и применение им чисто аналитического метода вычислений.

Непригодность понятия статического момента для исследования явления вращения, обратившего внимание механиков в связи с господством в технике ротационного принципа. Открытие Пуансо принципа пары сил и обобщенная трактовка им на основе этого принципа в наглядных формах всего материала механики.

Бессилие статической концепции динамических явлений (Даламбер) для объяснения динамических явлений в технике. Доказательство Гаусом, что статика является частным случаем динамики, и формулировка им принципа наименьшего понуждения, одинаково обнимающего как динамические, так и статические случаи. Чисто аналитическая трактовка Лагранжем принципа наименьшего действия. Доказательство Гамильтоном того, что вариация, лежащая в основе принципа наименьшего действия, динамически невозможна, и формулировка им принципа переменного действия.

15. Завершение строительной механики

Пословица, что прочность сооружения обратно пропорциональна учености строителя как выражение конфликта между старыми знаниями и новой техникой. Необходимость изыскания величины для характеристики упругости материала и введение Юнгом (1870 г.) модуля упругости первого рода. Изучение влияния ударов и сотрясений на сопротивление материалов. Потребность в установлении зависимости относительного поперечного сжатия и относительного удлинения и открытие Пуассоном этого отношения для различных материалов.

Экспериментальная проверка Дюамелем парановой теории изгиба при помощи бруса с пропилами, а Мореном — посредством деревянного бруса с врезанными в него линейками и металлического бруса с нанесенной на него прямоугольной координатной сеткой. Обнаружение происходящего при изгибе, вопреки гипотезе Бернулли, искривления сечений, и выяснение Сен-Венаном того обстоятельства, что искривление сечения не влияет на удлинение или укорочение волокон при изгибании балки.

Трудность расчета куполов и применение Клапейроном вместе с Ламе при постройке Исаакиевского собора многоугольника сил и веревочного многоугольника. Затруднения, связанные с расчетом неразрезных многоопорных балок, привлекших внимание в связи с железнодорожным строительством (рельсы), и исследование этого вопроса Клапейроном (теория трех моментов) и Навье (на основе диференциального уравнения упругой линии). Необходимость изучения кручения и объяснение его Навье при помощи понятия крутящей пары и крутящего момента.

Стремление упростить расчеты и разработка основ графостатики (Клапейрон — 1828 г., Кремона — 1851 г., Кулеман — 1866 г.).

Опытное изучение сопротивления материалов (работы Тредгольда, Тельфорда, Годкинсона и Ферберна). Использование идеи внутреннего напряжения тела для объяснения реакции грунтов (Ранкин). Недостаточность знания о действии сил в отдельных элементах сооружения для определения наиболее целесообразной формы сооружения в целом. Разработка теории сооружения (Прони — 1790 г.).

Исследование Клапейроном и Навье неразрезной балки, а Хашеттом, Ланцем и Бетанкуром — жесткого треугольника. Необходимость систематизировать громадный фактический материал строительной механики и выполнение этой работы Вейсбахом и Редтенбахером (60-е годы XIX в.).

Трудности, связанные с постройкой мостов вследствие сложности их расчета. Расчеты арочных мостов Годкинсоном и Шубертом, висячих же мостов — Понселе и Навье. Неумение рассчитать ферменные мосты при помощи одних только законов статики твердого тела. Страховка постановки стержней по всем предполагаемым линиям действия сил и неудобства, ею вызванные. Исследования Швеллера (1851 г.) и открытие им возможности рассчитать ферму с жесткими узлами, как ферму с шарнирными узлами. Разработка Максвеллом (1864 г.) теории статически неопределимых систем на принципе возможных скоростей. Установление Бетти (1872 г.) принципа взаимности виртуальных работ. Разработка Мором (1874 г.) формулы перемещения, дающей возможность определить перемещение от любых сил по направлению любой воображаемой силы. Приложение Кастиллиано в строительной механике диференциала работы, употреблявшегося к тому времени в небесной механике.

16. Разработка начертательной геометрии и номографии

Необходимость для архитектора и инженера в таком изображении трехмерного тела на плоскости, которое бы давало точные величины отдельных частей рисунка. Бессилие живописных приемов (линейная и воздушная перспективы и правила светотеней) и эмпирических методов (подбор нужного рисунка по готовым альбомам деталей) справиться с этой задачей и поиски математиками общих методов решения. Соединение Дезаргом правил черчения с элементарной

геометрией в стереотомию и неспособность методов Дезарга дать общие решения. Разработка Эйлером теории сечений различной кривизны и бессилие этой теории выйти за пределы сечений элементарных дуг. Введение Монжем линий кривизны, позволивших перешагнуть через эти пределы, и создание им и его учениками новой науки — начертательной геометрии.

Потребность в облегчении и сокращении труда инженеров и техников при вычислениях массового характера по одной и той же формуле, обостренная проектированием больших сооружений. Возможность снимать готовые решения формул, не прибегая к самому процессу вычисления, содержащаяся в декартовой системе координат, но лишь для зависимости между двумя переменными. Открытие способа изображать графически зависимость между тремя переменными (Буаш, Пуше, Терквием) при помощи семейства кривых. Сложность построения гипербол по точкам и преобразование Лаландом гипербол в прямые («анаморфоз»), открывшее возможность изображать в простой графической форме довольно сложные аналитические зависимости. Невозможность достигнуть большой точности благодаря густоте расположения линий. Применение Оканем номограмм из выравненных точек. Непригодность номограмм из выравненных точек для уравнения со многими переменными. Введение Оканем бинарного поля и Преве бинарной шкалы, открывших возможность построения диаграмм для уравнений со многими неизвестными.

VI. Эпоха империализма

1. Общее состояние техники

Влияние на технику тех противоречий, трений и конфликтов (войны, борьба синдикатов и концернов и т. п.), которые порождены существованием капиталистических монополий «над свободной конкуренцией» и «рядом с ней». Использование трестами и синдикатами экономической возможности задерживать технический прогресс, развитие техники военного дела, разработка различными фирмами в конкурентной борьбе многочисленных конструктивных вариантов одних и тех же машин, аппаратов и приборов. «Растущее применение сложных машин, химических процессов и электрической энергии» (Программа Коминтерна).

Освобождение благодаря электроэнергии производственного процесса от ограничений, связанных с групповой и внутренней механической трансмиссией (индивидуальный мотор и многомоторная машина), и от ограничений, связанных с географическим размещением энергетических ресурсов (высоковольтная проводка переменного тока на большие расстояния).

Требования, предъявленные электротехникой к другим отраслям техники (быстроходные первичные двигатели — гидро- и паротурбины, качественные металлы для электромагнитов, постоянных магнитов, проводов и арматуры различного вида, диэлектрики). Возможности, открытые развитием электротехники для других отраслей (электролиз в химической промышленности, электрометаллургия, электросварка, электрическое освещение и отопление, применение рентгена и катодных лучей, развитие автоматизации на основе применения электровакуумных аппаратов, преобразование транспорта и связи, зажигание в двигателях внутреннего сгорания).

Двигатель внутреннего сгорания как средство освобождения механического двигателя от ограничений, связанных с зависимостью от воды, громоздкостью котла, необходимостью длительной подготовки к пуску (автомобиль и аэроплан). Требования, предъявленные двигателем внутреннего сгорания к различным отраслям техники: повышение класса точности в машиностроении, замена ковки штамповкой, а обточки шлифовкой; применение качественных сплавов, борьба с трением путем замены скольжения качением, переработка нефти, изготовление синтетического каучука, борьба с лобовым сопротивлением и мертвым весом машины, потребность в надежном зажигании смеси и в переходе на местные топлива. Возможности, открытые двигателем внутреннего сгорания для различных отраслей техники: механизация войны, сельского хозяйства, безрельсового транспорта, строительного дела, химизация промышленности (замена органических материалов неорганическими, замена механической обработки химической).

Роль военной техники (взрывчатые и отравляющие вещества), электротехники (электролиз), машиностроения (сварка), металлургии и керамики (жаро- и кислотоупорные материалы) в развитии химии. Разработка методов точного управления химической реакцией (катализ, высокие давления и глубокий вакуум, высокие и низкие температуры). Многократное использование сырья (продукты перегонки каменного угля и нефти). Получение родственных продуктов из различного сырья (пластмассы на основе казеина, эфиров в целлюлозы, фенола и пеков).

Революция, произведенная электричеством и химической технологией в науке (электронная теория Томсона - Лоренца, теория относительности Эйнштейна, квантовая механика Планка-Эйнштейна-Бора; согласование Дираком волновой механики с теорией относительности). Кризис современной физики, обусловленный овладением мельчайшими частями материи («материя исчезает, остаются одни уравнения»).

Неспособность капиталистического общества решить им же порожденные технические проблемы (кольцевание электростанции, электролиз воды, подземная газификация каменного угля, использование арктических температур и т. п.). Влияние на технику всеобщего кризиса капитализма и затяжной депрессии, в которую он перешел.

2. Основные проблемы строительной техники

Быстрота морального изнашивания машин и построек в эпоху империализма в связи с обострением конкуренции между монополистическими союзами предпринимателей и гонкой вооружений. Потеря невысокими домами своей рентабельности в связи с колоссальным ростом земельной ренты в больших промышленных городах. Сооружение облегченных промышленных зданий и небоскребов. Железобетон, сталь, дерево как материалы, открывшие возможность снижения собственного веса конструкций. Сварная металлическая конструкция как средство сочетания элементности и монолитности конструкций. Каркас из железо-бетона и железа как средство увеличения высоты построек. Стальной трос как средство увеличения пролета. Оболочка как средство перекрывания больших планов. Рома как средство получения любой архитектурной формы перекрытия. Дома Перре, Вульвортса и Эмпайр-Билдинг. Зал столетия, ангар Фрейсине и мост через Гудзон как образцы строительной техники эпохи империализма.

Стремление использовать в целях повышения доходности силовых установок отбросное тепло для отопительных целей. Использование веществ, содержащихся в сточных водах. Широкое применение новых материалов, полученных на базе шлаковой ваты и мергелей, отходов металлургии (шлаковая и каменная пробка), на основе слюды (зонноляйт), на базе отходов древесины (мессонит) и сахарного тростника (целлотекс). Изготовление термоизоляторов из бумажной массы (лигнит) и различных волокнистых веществ (абсорбит, фермата, изолиртапете, ондулекс, векко-матте и т. п.).

Упрощение проектирования, облегчение конструкции, сортировка кирпича, освобождение от лесов, проникновение в строительство механизации (подъемники, лебедки, электромотор, газомотор, и трактор). Игнорирование охраны труда как средство капиталистического удешевления строительства. Невыгодность механизации в связи с ростом безработицы и понижением стоимости рабочей силы и возврат в строительстве в громадном числе случаев к кирке и лопате.

3. Сооружение производственного здания, не превышающего по своей долговечности сроков работы заполняющего его технического оборудования

Быстрота морального изнашивания машин и построек в условиях сочетания монополии с конкурентной борьбой невиданной силы. Развитие конвейерной системы производства и невозможность перестройки предприятия в пределах старой строительной коробки. Превращение монументальности производственной постройки в момент отрицательного порядка. Стремление к минимальным единовременным затратам на постройку и ограничение срока службы постройки сроком службы оборудования. Экономия за счет интересов охраны труда и техники безопасности. Упрощение проектировки, облегчение стен с $1^1/_2$ до $^1/_2$ кирпича. Стремление наиболее интенсивно использовать здание предприятия в течение срока его работы. Борьба с пожарной опасностью применением автоматически действующей спринклерной сети.

4. Сооружение небоскребов

Потребность в сооружении высоких домов, вызванная необходимостью сосредоточить на сравнительно небольшом пространстве в центре города всю деловую жизнь: административные, финансовые, торговые и промышленные учреждения. Невозможность разрешить эту задачу при помощи построек обычного типа вследствие большой тесноты и колоссальных размеров земельной ренты. Решение задачи постройкой высоких домов. Громадный собственный вес небоскребов и громадные ветровые нагрузки как предпосылка развития сначала скелетной, а затем каркасной конструкции. Небоскребы как причина ухудшения освещения и вентиляции улиц. Применение ступенчатой композиции здания как попытка смягчить этот недостаток. Трудность сообщения с верхними этажами и широкое развитие системы лифтов (патерностер), опасность несчастных случаев с лифтами и разработка целой системы контроля над движением лифтов. Опасность небоскребов в пожарном отношении и разработка противопожарных мероприятий (исключение из внутренней отделки здания горючих материалов, отделение лестничных клеток (пандусы) от здания несгораемыми стенами и дверями, изоляция их от подъемных шахт. Разрастание обслуживания дома в миниатюрное коммунальное хозяйство со всеми его различными ответвлениями.

5. Борьба с собственным весом конструкции

Увеличение пролетов, обусловленное возведением земных сооружений воздушного флота и стремлением избавиться от промежуточных опор в мостостроении, а также увеличение этажности здания, вызванное необходимостью интенсивнее использовать квадратуру участка в связи с ростом земельной ренты в городах, — как причины возрастания собственного веса конструкции.

Металлическая многорешетчатая и многораскопная ферма как средство борьбы с собственным весом, но за счет работы элементов конструкции на сжатие, создающей опасность выпучивания сжатых стержней. Высокие механические свойства сплошных балочных ферм при слиш-

ком большом собственном весе. Разработка Виранделем в 1897 г. (мост в Брюсселе) безраскосной фермы, сочетающей в себе механические свойства сплошных ферм, хорошо работающих на изгиб, с качеством ажурности. Потребность в сочетании при больших пролетах хорошей работы как под нагрузкой горизонтальных, так и под нагрузкой вертикальных сил. Расчлененность пролетного строения как препятствие к сочетанию в одной конструкции обоих этих моментов. Возврат к цельному пролетному строению, но треугольного сечения, как выход из этого затруднения (мост через Рур у Дюрена, 1931 г.).

Изучение заклепочного шва для выяснения его ослабляющего влияния на конструкцию. Опыты Баха (1892 г.), открывшие неравномерность работы заклепок. Конструктивное неудобство, связанное с расчетом неравномерности работы, и нарушение установленных Бахом правил в Америке, где недостаток рабочей силы и более быстрые по сравнению с Европой темпы строительства заставили стремиться к упрощению проектировки и монтажа. Открытие, что с увеличением нагрузки и переходом напряжений за пределы упругостей заклепки работают равномерно.

Возможность уменьшения веса конструкции (на 20—30%), открытая сваркой. Освобождение при помощи сварки монолитной конструкции от тех лимитов, которые ограничивали применение чугунных конструкций. Получение стыка, равного по прочности другим участкам длины стержня, не ослабленного дырами и не требующего добавочных стыковых частей. Возможность назначать сечения в точном соответствии с данными расчета.

Неудобство фермы жесткости, добавленной к вантовым конструкциям, вследствие ее большого веса. Устранение этого неудобства (Жискляром) переходом к растягивающим усилиям во всех элементах моста и восприятием сжимающих усилий в нижнем горизонтальном стержне оттяжкой, закрепленной на противоположной опоре. Невозможность при сооружении громадных мостов обойтись элементарными методами расчета, доставшимися в наследство от предшествующего периода, и испытанием моделей. Переход к точному расчету, возможный на базе успехов строительной механики.

Германия как страна наиболее последовательного проведения лозунга минимального веса и школа Грегори как наиболее яркая представительница германской строительной техники. Роль послевоенной экономики Германии в развитии стремления к экономии металла. Преобладание в Америке стандартности, а также монтажной и производственной простоты конструкции как следствие недостатка рабочей силы при избытке материала. Отказ от изгибаемых элементов в результате борьбы с выпучивающими напряжениями. Применение в Америке шарниров и разработка в Европе мер уменьшения влияния жесткости клепаных узлов. Наличие в болтовых узлах факторов, мешающих в некоторых случаях использовать преимущества шарнирности, и отказ от этого способа соединения. Металлические рамы.

Невозможность при помощи бетонной плиты, удобной с точки зрения противопожарной, перекрыть значительные пролеты вследствие плохой работы бетона на растяжение. Армирование бетона металлической сеткой, уложенной в растянутой зоне и воспринимающей растягивающие усилия (Монье, 1860 г.). Превращение с увеличением пролета перекрытия двух третей бетона в мертвую нагрузку. Удаление растянутой зоны бетона и оставление в плите лишь ее сжатой части и растянутых ребер, необходимых для расположения арматуры и связи железа с бетоном плиты — превращение прямоугольной плиты в перекрытие, состоящее из балок и жестко связанной с ними неразрезной плиты. Необходимость в подпорной колонне, жестко связанной с балкой, обусловленная ростом пролета перекрытий на базе применения этой конструкции. Необходимость раздвигать колонны и жестко связанные с колоннами балки в связи с превращением машины в «циклопическое чудовище, тело которого заполняет целые фабричные корпуса». Рост собственного веса плиты (лежащей на балках) вместе с увеличением ее пролета. Удаление растянутой зоны плиты и превращение ее в плиту ребристую (Геннибик, 1892 г.). Рост этажности зданий, обусловленный увеличением земельной ренты в больших городах и необходимостью интенсивнее использовать квадратуру участка. Лимит для вытягивания построек в вышину, созданный увеличением собственного веса сооружения. Необходимость увеличивать толщину стен нижних этажей, съедавшую полезный объем помещения. Устранение этих затруднений Дженнеем (1883 г.) путем применения металлических опор, проходивших сквозь всю стену и разгружавших эту последнюю (скелетная конструкция). Увеличение на этой основе этажности построек (с 10 до 20 этажей). Невозможность перейти эту границу вследствие увеличения собственного веса стенового заполнения. Решение вопроса посредством разделения стены на пояса, поддерживаемые балками (клеточная конструкция Перре, 1903 г.), и возможность увеличить высоту здания до 400 *м* с применением стального каркаса, открытая этой конструкцией. Развитие конструкции, состоящей из плиты, второстепенной и главной балки и жестко связанных с нею колонн, образующей железо-бетонную раму. Разработка соединения колонны с башмаком и междуэтажным перекрытием. Необходимость усиления колонны в связи с увеличением ее высоты и применение армирования (стержневая, спиральная арматура и усиление колонн ядром). Разработка в Америке и Германии двух различных типов башмака, соответствующих общим тенденциям строительной техники этих стран.

Проблема сочетания большой полезной кубатуры с минимальным общим объемом здания в целях уменьшения стоимости производства работ, количества материала, поверхности теплоотдачи и эксплоатационных расходов. Стремление уменьшить конструктивную высоту перекрытия, обусловленное развитием складского хозяйства. Раздвигание второстепенных балок, сближение главных балок и установка на каждом пересечении колонны. Перекрытие с перекрестной армированной плитой как средство уменьшить конструктивную высоту по сравнению с ребри-

стым перекрытием. Развитие в общественных и гражданских сооружениях кессонного перекрытия (позволяющего снизить собственный вес плиты). Замкнутые пространства между пересекающимися балками ребристых перекрытий как причина нарушения теплообмена и вентиляции. Стремление еще сильнее снизить конструктивную высоту перекрытия и появление безбалочной плиты (Леве, Маркус, 1914 г.). Снижение конструктивной высоты с 60 до 20 *см* железобетонной рамы.

Большой интерес к дереву как к материалу с малым собственным весом, обусловленный развитием самолетостроения. Открытие фактов поразительной долговечности деревянных строений (ремонт в 1909 г. фахверкового деревянного дома в Мейердингене, выстроенного в 1666 г., разборка в 1921 г. деревянного навеса лондонского дока, построенного в 1400 г.) и их огнестойкости (деревянные конструкции Берлинского и Гамбургского вокзалов, сохранность во время лондонского пожара 1922 г. деревянных балок, в течение 4 час. подвергавшихся непосредственному действию огня). Способность дерева относительно легко изменять свой объем в зависимости от влажности и его значительные деформации при больших пролетах и динамических нагрузках как факторы, затруднявшие применение дерева в инженерных сооружениях. Борьба с ослаблением сопряжений в результате усушки поперек волокон. Разработка скреплений, допускающих подтягивание, а также точная обработка и особо точная фрезеровка гнезд для шпонок, вкладышей и колец и точная пригонка самих шпонок к гнездам. Применение клеев. Противоречивые требования, предъявляемые к дереву соображениями огнестойкости (массивность конструкции), стойкости в отношении гниения и прочности (дробность конструкции). Разработка средств понижения воспламеняемости дерева, позволяющих добиться огнестойкости при дробной конструкции (строжка, окраска, импрегнирование, огнезащитная обшивка деревянных частей), и средств, предохраняющих от гниения (антисептическая пропитка).

Борьба с деформациями и прогибами перекрытий при больших пролетах путем сообщения фермам большого строительного подъема. Непригодность арки Эми и балки Лаве для больших пролетов. Разработка Стефаном (1902 г.) арки, представляющей собой конструкцию Эми, усиленную раскосами. Непригодность ласточкина хвоста для прочного прикрепления раскосов к поясам (требуемого проявляющимися в ферме изгибающими усилиями) вследствие усушки древесины и устранение этого недостатка изобретением нового шпоночного соединения, работающего независимо от удлинения или усушки дерева (передача при помощи шпонок из полосового железа или из дерева как растягивающих, так и сжимающих усилий). Расположение шпонок так, что равнодействующие усилия в раскосах вызывают в поясе только осевые сжимающие усилия. Усовершенствование Капером балки Лаве заменой отдельных распорок сплошной доской. Усиление Кристофом и Унмаком арки Стефана путем замены раскосов сплошной стенкой. Стремление к балкам со сплошной стенкой, обусловленное соображениями эстетического характера. Несоответствие естественного расположения слоев древесины расположению усилий в балке. Задача конструирования балки, обладающей большой прочностью при том же сечении и расходе материала. Разработка таких конструкций Гетцером (клейка балки из отдельных слоев холодным клеем с прессовкой), Биркманом (стенка из двух рядов досок, положенных накрест) и Каленбахом (балки, склеенные из досок с надрезами для удержания клея, или из досок, скрепленных гвоздями, забитыми до затвердения клея под некоторым углом к опорам).

Возможность совместной работы не только основных, но и вспомогательных частей конструкции (благодаря тому, что те и другие осуществляются в одном материале), исключенная в обычных перекрытиях (где настил, обрешетка, подшивка, вспомогательные стропильные ноги и прогоны не участвуют в работе основной конструкции), состоящих из ряда несущих плоскостных систем. Разработка Цоллингером кружально-сетчатого свода, составленного из отдельных кружальных досок стандартных размеров, поставленных на ребро и собираемых на болтах или скобах, и представляющего собой модифицированное использование конструкции Делорма. Разработка Шуховым гнутого свода, являющегося видоизменением конструкции Эми. Отсутствие в своде Шухова необходимой жесткости и невозможность добиться ее применением тяг. Неудобство тяг вследствие необходимости большого количества винтовой нарезки в местах соединения. Увеличение немецким инженером Брода жесткости шуховского свода посредством разделения досок на два слоя, соединенных между собой брусками. Малая жескость конструкции Шухова—Брода, вызывающая необходимость опирать прогоны на торцовые стены и на промежуточные жесткие перегородки или фермы для того, чтобы использовать пространственную жесткость. Выполнение в дереве сводов-оболочек (типа Фёппль и Цейсс-Дивидаг), обеспечивающих пространственное распределение внутренних усилий, малую величину распора и возможность обойтись без продольного опирания.

6. Укрепление оснований на большую глубину

Необходимость углубления фундаментов, обусловленная ростом зданий по вертикали. Непригодность для больших глубин деревянных свай вследствие ограниченной длины бревен, подверженности их гниению и относительно небольшой их прочности. Преодоление этого изобретением металлических и железо-бетонных свай. Необходимость снабжать в слабых грунтах сваю башмаком и невозможность погрузить башмак большого диаметра в грунт. Изобретение винтовых свай, устранивших это затруднение. Использование полости металлической сваи для подачи воды к башмаку. Разрушительное действие на бетон непосредственных ударов копра и применение предохранительного приспособления в виде обыкновенного подбабка, дубовой подушки и

стального колпака, подмазанного глиной. Непригодность железо-бетонных и железных свай, державшихся в грунте непосредственным упором, для слабых грунтов, простирающихся на неопределенную глубину. Изобретение бетонных свай, держащихся в грунте преимущественно трением боковых поверхностей и удобных для слабых грунтов. Стремление лучше передать давление на окружающий грунт и применение конической формы сваи (Раймонд) вместо цилиндрической и уширение основания при помощи взрыва на дне скважины специального патрона. Неудобство бетонных подушек вследствие их плохого сопротивления изгибу, вызываемому реакцией грунта. Армирование бетонной плиты железом. Железо-бетонная плита как средство распределения давления от стен и столбов на всю площадь, занятую основанием, и как средство, преграждающее грунтовой воде доступ снизу в подвальное помещение. Потребность в фундаментах в виде отдельных столбов, вызванная развитием каркасной конструкции, и необходимость распределить нагрузку опоры на большую площадь. Возможность конструирования сильно уширенного башмака, открытая железо-бетоном. Разработка в Америке и Германии различных типов башмака, соответствующих общему характеру строительной техники этих стран.

7. Использование в отопительных целях отбросного тепла

Стремление к возможно более экономному использованию топлива, вызванное громадными расходами угля и нефти в отопительных установках, силовых станциях, промышленных печах и химической промышленности, где эти вещества стали универсальным сырьем. Наличие больших количеств отбросного тепла в отходящих газах двигателей внутреннего сгорания, в отработавшем паре и охлаждающих водах. Непригодность отбросного тепла в этой форме для дальнейшего непосредственного применения. Решение этой задачи применением специального теплоносителя (горячей воды, пара и воздуха).

Проблема передачи тепла от источника теплоносителю и ее разрешение специальными приборами теплообмена («бойлерами»). Противоречия между подачей и расходованием тепла (сдвиг во времени между поступлением этого тепла и возможностью его применения; имульсивное, прерывистое поступление тепла и расходование его равномерным потоком, но в меняющихся количествах в зависимости от времени года и суток. Разрешение этого противоречия применением тепловых аккумуляторов. Необходимость канализировать теплоту на большие расстояния и опасность потерь. Борьба с опасностью потерь применением изоляции и повышением температуры. Необходимость протолкнуть громадные массы воды на большие расстояния и решение этой задачи повышением давления. Развитие теплоцентралей и теплоэлектроцентралей в Германии под влиянием послевоенного кризиса (1918—1924 гг.) и затруднения для развития теплофикации, обусловленные конкурентной борьбой монополистических союзов предпринимателей.

8. Аэрация больших помещений

Неспособность механической вентиляции, построенной на базе паровой машины, справиться с воздухообменом в больших помещениях вследствие невозможности распределить тягу и дутье по всей территории помещения. Решение этой задачи электромотором. Недостаточность механической вентиляции, построенной на базе электромотора, для вентилирования громадных корпусов современных заводов: невозможность протолкнуть громадную массу воздуха через трубы, которые превращаются в этих условиях из средства канализации воздуха и тормоз для нее. Стремление решить эту проблему вентиляцией больших корпусов при помощи пондов. Опасность большой теплоотдачи, создаваемая аэрацией. Попытки устранить эту опасность разработкой системы механизмов управления вентиляционными окнами. Изменение пондами формы крыши промышленных зданий.

9. Обработка и очистка промышленных и питьевых вод

Широкое применение воды в промышленности для питания котлов в качестве растворителя в химической технологии, в качестве охладителя силовых установок, промышленных печей и химической аппаратуры.

Необходимость повторного охлаждения воды, применяемой в качестве охладителя силовых установок печей и химической аппаратуры в тех случаях, когда естественный источник расположен на большом расстоянии и разница отметок источника и установки слишком велика. Неудобства охлаждающих прудов вследствие их больших габаритов и зависимости коэфициента охлаждения от наличия ветра. Башенный охладитель с естественной циркуляцией воздуха как средство экономии места, бессильное, однако, эмансипировать охлаждение воды от связи с естественным током воздуха. Попытки устранить этот недостаток применением разбрызгивающих розеток (Ванхерсон) и пленочного оросителя (Троттендорф, 1930 г.). Применение искусственной циркуляции как способ еще больше уменьшить габариты градирни и освободиться от влияния метеорологических условий. Малый коэфициент охлаждения градирен, отсутствие в них достаточного запаса воды для обеспечения работы предприятия на некоторый срок в случае повреждения устройств, подающих воду. Их недолговечность и дороговизна их устройства. Применение брызгалок как средство увеличения коэфициента охлаждения путем увеличения поверхности теплоотдачи.

Превращение мутности воды в тормоз для ее промышленного применения. Открытие в воде вредных для человека микроорганизмов (бацилл холеры, дизентерии, тифа и паратифа). Выяснение вредного влияния на ход технологического процесса избытка растворенных в воде солей (железа, марганца, магния, калия и кальция) и газов (кислорода, углекислоты, сероводорода). Неспособность осадочных бассейнов и медленных фильтров справиться с задачей осветления воды. Интенсификация осветления применением скорых фильтров (малого и большого сопротивления, мешалочных, продувных) и коагуляции (сернокислый алюминий).

Неудобства приготовления раствора в баках очень больших размеров. Преодоление этого недостатка применением известкового молока или выделением операции приготовления раствора из бака в сатураторы. Задача ускорения реакции и ее решение каналами с дырчатыми перегородками, желобами с ершом, гидравлическим прыжком и вынесением реакции из бассейна в специальную камеру, перемешиванием воды в камере реакции. Невозможность решить этими методами задачи обезжелезивания, умягчения и дегазации. Превращение растворенных солей в нерастворимый осадок или перевод их в инертные соли. Применение в водопроводной системе смесителей, камер реакции и отстойников-умягчителей (содово-известковый, известково-баритовый, каустико-содовый, содово-регенеративный способ), обменной фильтрации (цеолиты), перевода жесткости (карбонатной в некарбонатную), фосфатирования, дегазации (высокий нагрев и кипячение, вакуум, аэрация, фильтры из железных опилок и мрамора).

Борьба с патогенными бактериями посредством хлорирования, озонирования и действия ультрафиолетовых лучей. Использование адсорбционной способности древесного и костяного угля для очистки вод (компания Конди, 1909 г.).

10. Очистка сточных вод промышленных предприятий

Наличие в сточных водах промышленных предприятий веществ, закупоривающих и разрушающих канализационную сеть, затрудняющих орошение полей сточными водами, создающих неблагоприятную санитарную обстановку для окружающего населения выделением дурно пахнущих и вредных газов (опилки, пыль, окалина, шерстобой, пульпа, жиры, кислоты, окислы, соли, аммиак, сероводород, фенол). Возможность регенерации большинства этих веществ и повторного их использования (жиров для мыловарения, шерстяного сбоя для фетровой промышленности, аммиака и фенола для химической промышленности и т. п.). Улавливание крупных примесей при помощи решеток, сит и песколовок. Бессилие их справиться с большим количеством примесей вследствие быстроты отложения. Переход от неподвижных решеток к подвижным. Улавливание взвешенных частиц и бензина при помощи отстойников. Недостаточность отстойников для выделения бензина и изобретение специальных бензиноотделителей, построенных на использовании малого удельного веса бензина. Неспособность полей фильтрации выдержать сильные нагрузки, обусловленные ростом промышленных городов (заражение полями проходящих под ними грунтовых потоков, снабжающих водой окружающее население; зловоние при застаивании жидкости на поверхности весной и осенью и при обнажении весной массы осадка, оставшегося от зимней работы). Применение септиков. Вредное влияние корки и его преодоление применением изоляционных поперечных досок. Неудобство септиков, заключающееся в зависимости процесса распада от температуры. Интенсификация процесса отделением загнивания от оседания (эмшерские колодцы Аймхофера с глубокими загнивателями и отстойниками Прюсса с загнивателем на глубине осадочного желоба). Бесполезная потеря метана и поиски способов его улавливания (колпаки Прюсса, изобретение метантэнка — отдельной камеры для гниения ила и получения метана). Критерии капиталистической рентабельности как тормоз для применения всех этих методов.

11. Использование водяной энергии и освобождение от местных ограничений

Невозможность использования всей мощности гидроустановки вследствие бессилия механической трансмиссии передать энергию на далекие расстояния. Возможность передачи энергии на далекие расстояния, открытая соединением гидротурбины с генератором электроэнергии, электропроводом и электромотором. Затруднения, вызванные потерей энергии при разрастании электроканализационной сети, и устранение этого затруднения открытием Марселя Депре (1881 г.). Недостаточная мощность старых гидравлических установок для обслуживания большого района и увеличение как размеров самой турбины, так и количества турбин на электростанции. Постройка громадных плотин на больших реках и разрушения, наносимые каменной плотине силой напора воды, льдом, сплавным лесом. Переход от камня к бетону. Защита плотины при помощи носка, облицованного гранитом. Борьба с опасностью просачивания устройством смотровой галереи и заливанием соответствующих мест асфальтом через пробуравленные в теле плотины скважины. Защита самой турбины при помощи ледозащитной стенки. Опасность, вызываемая паводками, устройство щитов для водоспуска и разработка наряду с глухой плотиной плотины с окнами. Стремление использовать возможно больше потенциальной энергии и потребность в подаче воды к турбине с увеличенной, но равномерной для всего периметра турбины скоростью. Изобретение спиральной камеры, решающей эту задачу. Изготовление спиральных

камер из бетона и их непригодность для плотин с большим перепадом. Замена бетонной камеры стальной. Недостатки турбины Френсиса, обнаружившиеся при ее широком применении. Возможность регулировать работу применительно к изменяющемуся расходу воды путем поворачивания лопаток направляющего колеса, т. е. лишь с получением при этом удара и за счет снижения *КПД*. Необходимость для обеспечения быстроходности установки применять турбины больших размеров. Устранение этих недостатков Капланом (1913 г.), избежавшим удара применением поворотных лопаток не только на направляющем, но и на рабочем колесе и получившим большую скорость применением пропеллерной формы рабочего колеса.

Трудность возведения гравитационных плотин в условиях недостатка местных материалов и неудобства их доставки, в условиях непрочного грунта дна и неблагоприятной сейсмической обстановки. Применение арочной формы плотины, позволившей преодолеть многие из этих затруднений (Делокр, 1866 г.; Пеллетре, 1876 — 1877 г.; Броун, 1883 г.).

Конфликт между постоянством мощности гидроэлектростанции и колебаниями как режима реки, так и нагрузки электростанции. Стремление выровнять график работы. Идея кольцевания и ее неосуществимость в капиталистических условиях вследствие конкурентной борьбы монополистических компаний и империалистических государств. Предложение об аккумуляции энергии путем электролиза воды (идея Лавачека) и его неосуществимость при капитализме.

12. Сооружение дорог для скоростного транспорта

Потребность в интенсификации городского транспорта и ее удовлетворение сначала конной, а затем электрической городской железной дорогой. Соединение в городах различных типов транспорта с разными скоростями и их несовместимость. Распределение улицы между различными видами транспорта и паллиативный характер этой меры, особенно резко проявившийся в дезорганизации движения на перекрестках. Вынесение скоростного транспорта в иную плоскость в отношении обычного земного движения. Постройка подземных дорог (паровая подземная дорога в Лондоне в 1860 г. и электрический метрополитен, построенный в 1886 г. Гретхедом). Неудобство прокладки тоннеля методом двух штолен и устранение этого неудобства изобретением щита (Брюннель и Гретхед), открывшего возможность вести работу сразу по всему сечению тоннеля. Постройка воздушных дорог на эстакадах (Нью-Йорк — 70-е гг., Берлин — 80-е гг.). Постройка подвесных дорог (конструкция Эноса, примененная в 1889 г. в США, и конструкция Лангена, примененная в Германии в 1893 г.). Употребление в качестве эстакады железных решетчатых пилонов, поддерживающих посредством боковых консолей продольные балки, состоящие из решетчатых ферм и являющиеся опорами для рельсов. Применение наклонных устоев, позволившее вести подвесную дорогу непосредственно над рекой Вупер. Использование подвесных дорог в промышленном транспорте.

Развитие скоростного безрельсового транспорта и требования, предъявленные к дороге автомобилем. Непригодность булыжного и щебеночного шоссе для автотранспорта как вследствие сильного пылеобразования, так и вследствие их большего сопротивления движению. Борьба с пылью посредством применения асфальтовой одежды и гудронирования (опыты в Ницце в 1921 г.). Усиление дорожной одежды по трассам большого грузового автотранспорта: применение во Франции брусчатых, а в Америке клинкерных мостовых). Постройка большого количества дорог и малая производительность ручного труда в дорожном строительстве. Применение в дорожном деле машин, употреблявшихся в земледелии, каналостроении и т. п. (корчевальных машин, рипперов, плугов, рутторов, борон, скреперов, грейдеров, экскаваторов, утюгов, перфораторов, камнедробилок, катков, гудронаторов и т. п.).

Попытки преобразовать тягу в колесном транспорте при помощи воздушного винта (цеппелин на рельсах).

13. Выявление ограниченного значения законов классической строительной механики

Открытие при помощи микроскопа и рентгена зернистого строения металлов и зернистой структуры материи вообще. Противоречие этого открытия с классической концепцией сплошного строения вещества. Объяснение сопротивления материалов скольжением кристаллов. Установление, что кованые и прокатные металлы анизотропны, и ограничение представления изотропности кругом литых металлов. Выяснение, что большие сооружения обладают иными механическими качествами, чем их малые модели, и что один кристалл алюминия обладает иными физическими свойствами, чем комплекс кристаллов. Открытие остаточных деформаций и усталости материалов и противоречие этих открытий гипотезе идеально упругого тела. Обнаружение, что закон Гука недействителен для чугуна, меди, кожи и т. п. и действителен для железа лишь до известных пределов напряжений. Выработка Бахом формулы для чугуна, ремней и камня. Трудность расчета рам. Трудность расчета пространственных систем, являющихся многократно неопределимыми. Разложение таких систем на плоские элементы и применение аналогии (Фёппль). Выяснение того, что коэфициент безопасности является коэфициентом незнания (Стромейер). Возможности, открываемые для строительной механики оптическим методом, разработанным Максвеллом, Корню, Нейманом, Кокером и Файлоном.

VII. Эпоха социализма

1. Общее состояние техники

Развернутая техническая реконструкция всего народного хозяйства: промышленности, транспорта, сельского хозяйства как база построения фундамента социалистической экономики в период первой пятилетки и как база ликвидации классов в период второй пятилетки. Связь технической реконструкции с классовой борьбой. Возведение в течение первой пятилетки тысяч передовых предприятий, переводящих всенародное хозяйство на высокую ступень новой технической культуры и находящихся на уровне лучших образцов капиталистической техники (сложное станкостроение, автомобильная и тракторная промышленность, комбайностроение, самолето- и авиамоторостроение, производство мощных турбин и генераторов, качественных сталей, ферросплавов, алюминия, синтетического каучука, азота, искусственного волокна и т. п.). Успехи «в области развития научно-технической мысли, самостоятельно разрешившей ряд крупнейших технических проблем». Преодоление механической внутренней трансмиссии в машине (электрокарда инж. Фридкина), интенсификация химических процессов при помощи кислорода (домна проф. Чекина), превращение предприятия в одну машину (кольцевой конвейер системы инж. Марсакова), автоматизация учетно-счетных операций (машина инж. Леонтьева), подземная газификация каменного угля (установки инж. Кириченко и проф. Федорова), двоякое использование рабочего вещества (турбобур Капелюшникова), снижение сопротивления движению в сверхскоростном транспорте (аэропоезд Вальднера), настил готового рельсового пути (инж. Чижов), увеличение тоннажа самолетов (инж. Туполев) и т. п.

Технические задачи, требующие в основном завершения в течение второй пятилетки: механизация всех тяжелых и трудоемких процессов в промышленности, электрификация промышленности, ликвидация бездорожья.

Преодоление разрывов и диспропорций: повышение мощности сталеплавильных и прокатных цехов, отстающих от доменного производства, техническое перевооружение цветной металлургии, отстающей от требований энергетики и машиностроения. Техническая реконструкция транспорта и связи.

Введение наиболее эффективных методов производства (экстракционный способ получения масел — электротермические и электрохимические методы. Крекинг в газовых фазах). Многократное использование сырья (комбинирование) и вовлечение ряда новых видов сырья. Стахановское движение как путь к полному использованию открытых новой техникой возможностей и к ликвидации противоположности между физическим и умственным трудом. Роль правильного разделения труда и освоения новой техники в достижениях стахановцев. Безграничные возможности технического развития в социалистическом обществе.

2. Индустриализация строительства

Пути реконструкции строительства, сформулированные в тематическом плане изобретательства, разработанном Госпланом и Комитетом по делам изобретений при СТО.

Переход от «козы» к транспортерам и подъемникам, от мелких блоков к массивным блокам в несколько тонн, от сезонности к непрерывному производству. Создание стройдворов и комбинатов. Использование местных сырьевых ресурсов, замена дефицитных материалов. Уничтожение сезонного характера строительства. Постановления СНК и ЦК ВКП (б) о реконструкции Москвы и Волго-Канале и речи вождей партии и правительства на совещании ЦК ВКП(б) 13 декабря 1935 г. по вопросам строительства как основные директивы по реконструкции строительства. Снижение себестоимости строительства, повышение производительности труда, широкая механизация и полное использование механизмов как основные задачи строительства.

3. Превращение производственного помещения в подлинно достойную человеческого труда лабораторию

Превращение при диктатуре пролетариата труда из проклятия в «дело чести, славы, доблести и геройства». Превращение предприятия в основную ячейку общественной жизни, где трудящийся проводит значительную часть своего времени. Необходимость обеспечить полную безопасность труда гигиеничным разрешением проблемы освещения, вентиляции, изоляции рабочего от опасных машин и агрегатов. Непригодность для новых форм труда безобразной в архитектурном отношении коробки. Возможность постройки предприятия в центре города, открытая применением электричества и приборов для улавливания вредных выделений, амортизации шумов и т. п. Задача архитектурного оформления всего предприятия в целом и отдельного рабочего места.

4. Оборудование каждого жилого дома всеми удобствами

Превращение удобств и комфорта из монополии привилегированных, чем они были во всяком классовом обществе, в достояние широчайших масс трудящихся. Различные условия для создания удобств и комфорта в городе и деревне и различные пути решения этой задачи. Проблема сочe-

тания максимального обобществления с возможностью удовлетворить наиболее полно индивидуальные вкусы. Проблема архитектурного оформления внешности и внутренности жилища Оборудование жилищ встроенной мебелью и всеми последними достижениями техники: водопровод, канализация, отопление и вентиляция. Директивы об улучшении жилищного строительства, данные постановлением СНК от 23 апреля 1934 г. и VII Съездом советов.

5. Строительство общественных зданий со всеми удобствами для посетителей

Необходимость обеспечить всем посетителям общественных зданий одинаковые удобства. Соответствующая планировка зданий, их освещение и акустика. Применение акустического и оптического усилений (радио- и оптические приборы). Необходимость обеспечить возможность пользования культурными учреждениями матерям с детьми и постройка специальных детских комнат. Задача избавить посетителя от томительной бессмысленности ожидания и создание различных средств развлечения (комнаты отдыха, спортивные залы и т. п.). Постройка парков культуры и отдыха, домов техники, стадионов, театров, клубов и кинотеатров.

6. Наибольшее соответствие материалов целевому назначению

Необходимость сочетания в строительстве принципов сборности стен из крупных блоков (однако не затрудняющих производства сборки) и облегчения стен (но не в ущерб механической прочности несущих стен), обусловленная потребностью возводить сооружения в короткие сроки при малом расходе материала. Поиски методов косвенного армирования каменных и кирпичных стен. Стремление к уменьшению расхода металла и цемента путем применения специальных сортов железа и специальных марок бетона, а также стандартизацией их. Поиски наиболее рациональных профилей (полые трубы, брусья равного сопротивления) слоеных конструкций (замена бетона в нейтральной оси более легкими материалами). Вибрация и прессование бетона, пустотелые камни и блоки. Работа над чрезвычайно легкими перекрытиями. Применение полых железо-бетонных колонн.

Снижение веса конструкций, употребление высокосортной стали или новых сплавов. Поиски профилей, дающих максимум прочности при минимуме расхода материала и устраняющих большие запасы прочности. Меры борьбы с коррозией (металлизация, лаки, краски, антикоррозийные сплавы).

Задача разработки сопряжений деревянных конструкций, дающих максимум воспринимаемого усилия при минимальном ослаблении сечения стержневых частей. Переход от многорядных зубьев к клеевым соединениям, от поперечной дубовой шпонки к зубчатому кольцу. Замена сковородня, полусковородня или ласточкина хвоста треугольной врубкой, шипа — зубом, нарезного зуба при наращивании — стальным зубом, лапы — ножничной и трехлобовой врубкой, голландского зуба и поперечных шпонок — трешпонкой и кольцом, кованых и конических гвоздей — тянутыми и звездчатыми, составных балок на зубьях и призматических шпонках — гвоздевыми и клееными балками. Усовершенствование врубок, работающих на растяжение без дополнительных креплений. Изобретение узла, который образуется независимо от характера работы соединяемых элементов при посредстве одних лишь монтажных креплений, сжатых элементов и усовершенствованных врубок.

Замена многократно неопределимых путаных схем четкими и ясными схемами.

Усовершенствование фермы Гау путем замены сжатых и упертых в подушки раскосов растянутыми металлическими раскосами с треугольными чугунными вкладышами. Замена ферм Палладио сегментными и серповидными фермами.

Задача конструирования новых видов второстепенных несущих элементов под покрытия, обусловленная каркасным принципом решения зданий, с одной стороны, и требованиями технологических процессов и ограниченностью длины досок — с другой.

Сооружение деревянных перегородок, дающих возможность обойтись без кирпичных столбов, железо-бетонных колонн и тяжелых переборок.

7. Облегчение фундаментов сооружений

Возможность облегчения фундаментов, открытая облегчением веса стен. Работа над конструированием фундамента из материалов, однородных с материалом стены, и над созданием типов сборного фундамента, монтируемого из отдельных блоков. Задача перехода от ленточных фундаментов к облегченным. Проблема замены железо-бетонных фундаментов бетонами высокой прочности, а также диабазом и базальтом.

8. Теплофикация целых поселений

Постройка теплоэлектроцентралей, разрешающих комплексно задачу энергетики и теплоснабжения.

Различная транспортабельность тепловой и электрической энергии и различные сезонные колебания в их потреблении. Задача использования тепловой энергии для обслуживания теплоемких производств, носящих сезонный характер, для подогрева почвы, для получения искус-

ственного холода. Широкое развертывание теплофикации. Задача замены металла в приборах и разводящих трубопроводах (керамика, этернит, плавленый диабаз и базальт). Затруднительность применения котельных установок и металлических сетей для централизации отопления в сельских местностях, разработка вопроса об улучшении режима работы калориферов (повышение их *КПД* и сборка их из укрупненных блоков).

Работа над целесообразной конструкцией печей большой теплоемкости с высоким *КПД* как над мерой переходного характера.

9. Максимальное снабжение помещений свежим воздухом

Усиление воздухообмена как средство улучшения санитарного состояния производственных помещений, жилых и общественных зданий. Широкое применение как приточно-вытяжной вентиляции, так и аэрации. Работа над повышением *КПД* центробежных и винтовых вентиляторов, над созданием стандарта и взаимозаменяемых деталей, позволяющих значительно удешевить проектные и монтажные работы по вентиляционным установкам. Достижения советских ученых в области ионизации воздуха (Виленкин), открывающие совершенно новые перспективы.

10. Максимальное удовлетворение потребностей в воде

Широкое применение воды в бытовых целях. Сооружение плавательных бассейнов и душевых зал. Снабжение жилых домов ваннами и душами в каждой отдельной квартире. Задача облегчения добывания воды, уменьшив в то же самое время площадь насосной станции, и получения экономии в построении шахты. Разработка советской конструкции центробежных электронасосов с вертикальным валом, решающих эти задачи. Работа над заменой железных труб деревянными, железо-бетонными, асбоцементными, каменно-керамиковыми, асфальто-песочными и т. п. Вопрос об укладке трубопроводов укрепленными секциями, над предохранением труб, кранов, счетчиков от замерзания и потения, над улучшением и упрощением типов фасонных частей. Задача гигиеничного питьевого фонтанчика и работа над его улучшением и удешевлением. Роль Волго-Канала в реконструкции водоснабжения Москвы.

11. Охват канализацией всех жилых домов

Превращение канализации из привилегии больших городов в широчайшее средство борьбы за санитарно-гигиенические условия жизни.

Задача замены чугунных санитарных приборов каменными, керамиковыми, из пластмасс и т. п. Поиски наиболее удобного способа прочистки ревизий и труб, проложенных под полом и потолком помещения, без значительного загрязнения самого помещения. Конструирование автоматического промывателя в уборных.

12. Освобождение эксплоатации гидроэнергии от всяких местных ограничений

Устранение диктатурой пролетариата тех препятствий для электрификации, которые ставит ей капиталистическое общество. Комплексное решение проблем электрификации транспорта и орошения в проекте «Большой Волги». Задача усиления Волги водой других рек. Работа над снижением стоимости и сокращением сроков строительства вспомогательных гидротехнических сооружений: плотин, тоннелей и трубопроводов. Борьба с размывом и скольжением плотин, а также с влиянием климата на железо-бетонный массив. Усовершенствование гидромониторов, трубопроводов и насосного оборудования по линии придания ему подвижности и монтажности. Работа над конструированием специальных машин, уплотняющих бетонную кладку, механизирующих облицовку бетона, над неметаллическими водонепроницаемыми щитами, новыми конструкциями деревянных труб.

Повышение быстроходности турбин как для сверхвысоких, так и для низких напоров. Необходимость работы гидравлических установок в условиях сложных электрических систем и работа над автоматическим регулятором турбины, обеспечивающим полную одновременность изменения поступающего количества воды с изменением режима работы генератора. Борьба со льдом и шугой путем подогрева поступающей в водоприемник воды или подогрева решетки водоприемника.

Ю. Милонов.

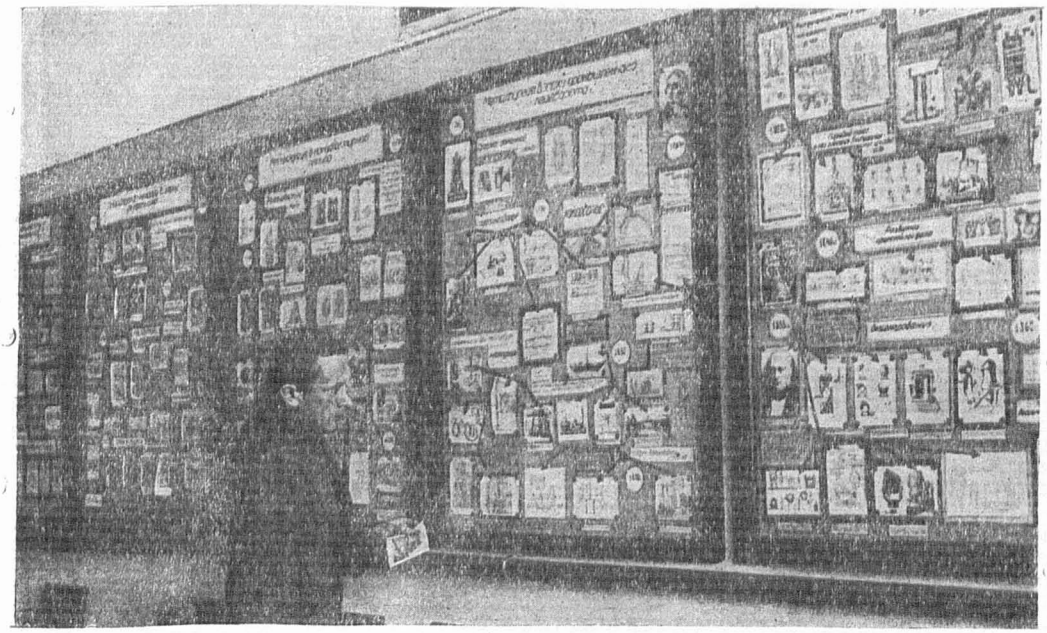
Состояние и перспективы преподавания курса истории металлургической техники в Московском институте стали им. Сталина

В сентябре 1934 г. в Московском институте стали им. Сталина была организована, согласно решению Комитета по высшей школе, кафедра истории техники. Как и в ряде других втузов, курс, читаемый в Институте стали, специализирован, — наименование читаемого курса: «история металлургической техники». Сейчас, после года, прошедшего с момента введения этой дисциплины, можно подвести уже некоторые итоги проделанной работы, отметить ее положительные стороны и недостатки.

Прежде всего скажем несколько слов о самом курсе истории металлургии и о его ближайших задачах. Наравне с изложением основных этапов в развитии металлургии, технологических и научных предпосылок, предшествовавших каждому изобретению, росту и конструктивному оформлению металлургических агрегатов, курс призван показать студенту ту конкретную историческую обстановку, в которой соответствующие изобретения были реализованы. Эта задача немыслима без конкретного рассмотрения техники в системе производительных сил общества и взаимовлияния производительных сил и производственных отношений. Она требует показа общественно-экономической, а следовательно, и классовой обусловленности техники и в первую очередь показа значения общественной организации труда для развития техники на каждом историческом этапе. Эта сторона вопроса особенно важна и актуальна сейчас. Именно она способна выработать и укрепить у пролетарского студенчества марксистско-ленинское мировоззрение, критический подход к тому или иному вопросу техники вообще и металлургии в частности. Это необходимо, во-первых, в целях понимания реакционности и ненаучности всевозможных идеалистических и расовых теорий истории техники, проповедуемых в настоящее время в буржуазных странах, в особенности там, где у власти находится фашизм. Но дело не ограничивается этим. Курс истории техники, в нашем случае — истории металлургической техники, должен проследить основные тенденции технического развития на каждом этапе развития общества. Пользуясь работами классиков марксизма — Маркса, Энгельса, Ленина и Сталина, мы должны научить студента понимать, как и куда движется технический прогресс, что его задерживает или, наоборот, толкает вперед в определенной исторической обстановке. Особенно ответственной становится эта задача при рассмотрении эпохи империализма и социалистического строительства у нас, в СССР. Здесь, помимо рассмотрения экономических и технических сдвигов на Западе и у нас, необходим конкретный анализ достижений советской металлургии. Такова беглая обрисовка назначения курса.

Проделанная за истекший период работа по курсу шла по двум направлениям: 1) по линии уточнения ряда моментов программы, потребность в чем была выявлена непосредственно на семинарах, 2) по линии организационного оформления и роста самого курса. О первом необходимо сказать следующее. Несмотря на то, что, как это было выяснено на совещаниях кафедры с представителями групп, новый предмет в целом вполне оправдал себя и вызвал несомненный интерес и отклик среди студенчества, однако налицо еще имеется ряд моментов, требующих дополнительной углубленной разработки. Опыт преподавания этой дисциплины показал, например, что не все студенты одинаково четко представляют себе конкретную связь между техникой и экономикой. Обособленность обеих этих дисциплин в общем учебном плане института и отсутствие подчас достаточной политической подготовки у отдельных товарищей способствуют иногда рассмотрению производительных сил данной общественной формации вне зависимости от производственных отношений. С другой стороны, бывают и такие случаи, когда некоторые товарищи склонны рассматривать связь между техникой и экономикой метафизически, как абсолютно неизменную, что приводит к отрицанию той революционизирующей роли в общественных отношениях, которую, несомненно, играют новая техника и новые изобретения.

Известная часть вины в этом ложится и на кафедру, которая в данном случае обязана дать большее число конкретных фактов и примеров, иллюстрирующих методологические установки курса. Исходя из этого, мы в настоящий момент всячески усиливаем в программе тот



В кабинете по истории техники Московского института стали им. Сталина.

иллюстративный материал, который обрисовывает указанное влияние экономических условий на развитие техники и, в частности, металлургической техники. Так, например, нами включен сейчас в программу большой материал по механической обработке металлов, литейному прокатному делу как в период мануфактуры, так и в период промышленного и монополистического капитализма. Потребность в этом, кстати, ощущалась и с другой стороны: товарищи, специализирующиеся по прокатке и литейному делу, выдвинули перед нами пожелания относительно расширения материала по истории этих разделов металлургии.

К этому необходимо добавить еще следующее: опыт преподавания курса истории металлургии, несомненно, выявил необходимость выделения большего числа часов на прохождение позднейших этапов истории техники, особенно эпохи монополистического капитализма и реконструктивного периода в СССР. Тут необходимо считаться с тем, что не все товарищи ясно представляют себе специфику мирового хозяйства в современных условиях. Особенное внимание необходимо в дальнейшем обратить на факторы, обусловившие некоторое изменение металлургии в отдельных областях техники как в эпоху стабилизации капитализма, так и в период мирового экономического кризиса. Основные особенности и тенденции технического развития в эпоху империализма, как-то: развитие автоматизации, комбинирования, непрерывного производства и т. д., точно так же, как и те противоречия, в результате которых капитализм не может полностью реализовать все выгоды современного уровня металлургической техники, давались нами в слишком сжатом виде. Несомненно, однако, что назрела потребность перехода от общей характеристики указанных сторон металлургии в капиталистическом и социалистическом хозяйстве к развернутой картине состояния отдельных отраслей металлургической промышленности (доменное дело, прокатка и т. д.), показав все сопутствовавшие крупной промышленности технологические изменения в процессе производства. И хотя мы сильно стеснены отведенным на курс бюджетом времени (всего 44 часа на весь курс), известную перегруппировку часов произвести можно. Мы заостряем этот вопрос потому, что он крайне важен для понимания путей развития, преимуществ и особенностей техники в эпоху диктатуры пролетариата и социалистических производственных отношений.

В краткой статье нет возможности более подробно осветить все вопросы курса, которые мы сейчас дополняем в указанном направлении. Отметим еще только, что истекший период показал нам также необходимость более полного и всестороннего освещения истории развития науки в эпоху как промышленного, так и монополистического капитализма. Студент, который изучает, допустим, историю доменного производства, уже сейчас живо интересуется ролью физики и химии в развитии отдельных технологических операций, например в подборе доменной шихты, в контроле работы домны, в первых анализах чугуна и шлаков и т. д. В связи с этим мы намерены в дальнейшем дать более подробный материал о первых работах Карстена, Хасенфранса, Бунзена и др. Нужно надеяться, что выпускаемая в ближайшее время под нашей редакцией хрестоматия по истории металлургической техники значительно облегчит нам эту задачу.

На лекции по истории металлургии в Московском институте стали им. Сталина.

Нельзя не указать, что главная трудность преподавания истории металлургической техники в прошлом заключалась в том, что мы не имели почти никаких литературных пособий. С целью пополнения этого недостатка нами, с помощью дирекции Института стали, выпущен литографированный курс истории металлургии, который в значительной степени облегчил студентам самостоятельную домашнюю подготовку. Этот курс, несколько расширенный и переработанный, выходит сейчас из печати в издательстве ОНТИ как учебник. Значительное облегчение принес студентам также выход из печати ряда трудов, составленных при участии преподавателей кафедры, по техническим сдвигам и металлургии как в СССР, так и в капиталистических странах. По этому вопросу в настоящее время имеется уже достаточное количество литературы.

Касаясь работы всей кафедры в целом, нельзя также не упомянуть, что с помощью Комиссии при КВТО нами собран довольно большой иллюстративный материал по отдельным технологическим процессам и агрегатам по всем периодам истории металлургической техники. Помимо небольшой экспозиционной выставки в самом кабинете по истории техники в Институте стали мы располагаем в настоящее время несколькими альбомами и фототекой, демонстрируемой на лекциях. Кроме того, кабинет располагает для индивидуального пользования отдельных студентов картотекой изобретений и переводами ряда иностранных трудов по истории металлургии. Значение всех этих пособий, составление которых было нами выполнено по ударному обязательству к VII Съезду советов, конечно, крайне велико для нормального хода преподавания. Достаточно сказать, что за истекший год нами пропущено через кабинет около тысячи студентов.

Несомненно, что, учитывая все недостатки и неполадки прошлого, мы получаем возможность сейчас в новом учебном триместре достигнуть значительно лучших результатов и успеваемости по нашему курсу и тем обеспечить в еще большей степени выпуск тех высококвалифицированных командиров промышленности, которые, как это отметил еще в 1930 г. ноябрьский пленум ЦК партии, «должны обладать достаточно глубокими специально техническими и экономическими знаниями, широким общественно-политическим кругозором и качествами, необходимыми для организаторов производственной активности широких масс трудящихся».

Ю. Покровский.

Научный музей в Лондоне

Свое начало Научный музей в Лондоне ведет от первой всемирной выставки 1851 г. Коллекции и отдельные экспонаты, иллюстрировавшие на выставке применение науки и искусства в промышленности, были приобретены английским правительством и после некоторой перегруппировки перенесены в специальное помещение в Южном Кенсингтоне (Лондон). Эти коллекции и положили начало музею, который под названием Южно-Кенсингтонского был известен до начала текущего века.

В своем первоначальном виде Научный музей включал наряду с объектами науки и техники также экспонаты изящных искусств. Из объектов техники в музее в это время находились только образцы продуктов животноводства, питания, строительных материалов и коллекция наглядных пособий.

В 1864 г. Южно-Кенсингтонский музей обогатился коллекцией морских судов и судовых машин, преподнесенных ему английским адмиралтейством. Эти коллекции легли в основу специально созданного отдела мореплавания и кораблестроения. Отдел этот впоследствии неоднократно обновлялся и пополнялся и на сегодняшний день считается одним из лучших музеев по истории мореплавания и кораблестроения в мире.

В дальнейшем развитие Кенсингтонского музея шло главным образом по линии расширения отдела изящных искусств. Объекты науки и техники остаются как бы в тени. В 1872 г. Кенсингтонский музей лишается коллекции продуктов питания, которая за недостатком помещения переносится в другой музей. Происходит первое размежевание между отделом изящных искусств и объектами техники, которые сосредоточиваются в отдельном корпусе (западном) Кенсингтонского музея.

Сильный толчок развитию музея дала всемирная выставка 1876 г. в Филадельфии. На этой выставке были богато представлены коллекции физических и механических измерительных инструментов. Коллекции эти были приобретены английским правительством, и на их основе в Кенсингтонском музее был создан обширнейший отдел, иллюстрирующий историю развития измерительных приборов.

Огромное значение для развития музея имел изданный в 1883 г. закон о патентах. Согласно этому закону музей патентов и все хранившиеся в нем объекты огромного исторического значения были переданы в ведение Кенсингтонского музея. С этого момента отдел науки Кенсингтонского музея превращается из научного кабинета для учебных заведений (чем он должен был быть по замыслу его устроителей при возникновении) в Национальный музей прикладных наук государственного масштаба и значения.

Спустя 15 лет, в 1898 г., между составными частями Кенсингтонского музея — отделом прикладных наук и изящных искусств — происходит дальнейшее размежевание. Научные коллекции, научная библиотека и учебные заведения (Normal College of Science) сосредоточиваются в западных корпусах Кенсингтонского музея и выделяются в самостоятельную единицу под названием Научного музея (The Science Museum).

Художественные же коллекции и все объекты изящных искусств (ковры, ткани и пр.) занимают восточный корпус и кладут начало открытому впоследствии самостоятельному Музею Виктории и Альберта (Victoria & Albert Museum).

Одновременно с этим была начата постройка новых корпусов музеев, окончание которой затя-

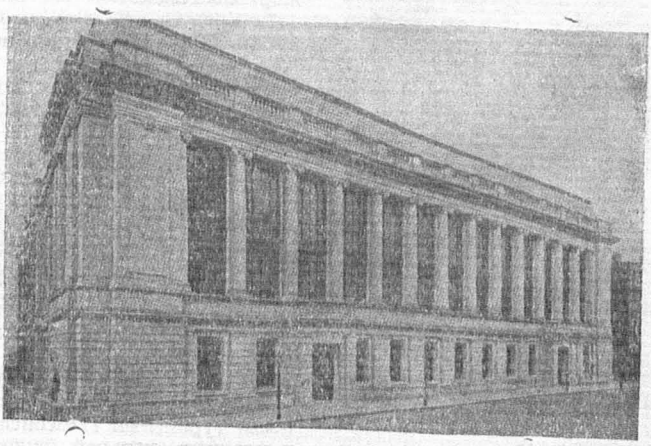


Рис. 1. Научный музей в Лондоне. Восточный фасад.

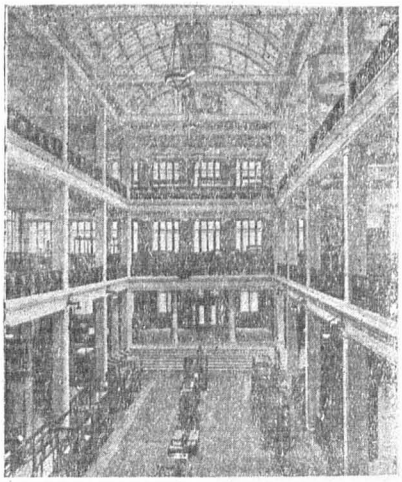


Рис. 2. Восточная галерея.

нулось до 1909 г. К этому времени Научный музей состоял уже из четырех отделов: механического, железнодорожного, судостроительного и измерительных приборов и занимал площадь в 9 000 *м*². Но и эта площадь не могла вместить всех коллекций и не давала возможности развернуть деятельность музея в соответствии с поставленными перед ним задачами. В связи с этим была создана специальная правительственная комиссия для рассмотрения нужд музея. Согласно решению этой комиссии площадь музея должна была быть увеличена до 45 000 *м*². В 1913 г. закладывается фундамент новых корпусов, из которых только один (восточный) был закончен в 1928 г. Строительство остальных корпусов за отсутствием средств, повидимому, было прекращено. Стихийный рост музея обусловил систему или, вернее, бессистемность и нагроможденность его экспозиций.

В нынешнем своем виде Научный музей в Лондоне занимает площадь в 17 000 *м*²; его выставочный фронт растянут на 20 *км*. Музей состоит из 27 групп, объединенных в 4 отдела.

В первый отдел входят: текстильные машины, инструменты и станки, электротехника и электросвязь, горное дело и металлургия, сельхозмашиностроение, полиграфическое производство, газ и освещение.

Во второй отдел: стационарные двигатели, железные дороги, транспорт (автомобили и пр.), насосы, строительное дело, меры веса и протяжения.

В третий отдел: кораблестроение, судовые машины, порты, маяки и аэронавигация.

В четвертый отдел: астрономия, измерительные инструменты (оптические, термические, электрические и акустические), метеорология, геофизические инструменты и фотография.

По характеру экспозиций большинство из выставленных объектов представлено в виде действующих моделей, приводимых в движение при помощи электромотора, сжатого воздуха или просто рукояткой. Некоторые особенно ценные и громоздкие машины приводятся в движение по просьбе посетителей или же работают по определенному расписанию ежедневно. Так, например, большинство машин Уатта пускается в движение при помощи электромотора ежедневно три раза по одному часу. Важно отметить, что в музее показана не только история техники, но и современное ее состояние.

Пополнение музея новыми экспонатами производится главным образом частными фирмами и отдельными лицами, которые передают принадлежащие им экспонаты музею либо в постоянное, либо во временное пользование. Из 1 200—1 500 экспонатов, поступающих ежегодно в Научный музей, 90% идет именно этим путем. Собственные средства музея, равно как и правительственные дотации, совершенно ничтожны. Ассигнованная 40 лет тому назад ежегодная дотация для приобретения экспонатов в 800 фунтов стерлингов (8 000 руб. по паритету) остается без изменения и на сегодняшний день. Музей все время пребывает в полной зависимости от воли или политики отдельных фирм и жертвователей.

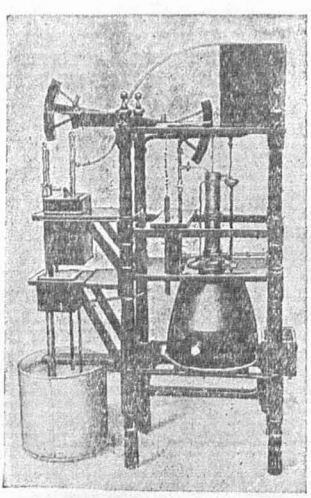


Рис. 3. Модель «атмосферной машины».

Следует отметить, что при музее работает научно-исследовательская организация по вопросам истории техники: The Newcomen Society for the study of the history of engineering, периодически выпускающая свои печатные труды.

В музее систематически читаются бесплатные лекции по всем отраслям техники на самые разнообразные темы. Лекции сопровождаются иллюстрациями, кинематографом и эпидиаскопом. Вход в музей и на лекции всегда бесплатный. Музей ведет также большую издательскую работу. Им изданы популярные руководства с историческими очерками по важнейшим отраслям техники: авиации, химической технологии, телеграфу и др.

Паровые машины

Паровым машинам, родиной которых является Англия, в музее отведено центральное место. На целом ряде моделей и оригинальных паровых машин, начиная от «атмосферной машины» Ньюкомена (1712 г.) и кончая усовершенствованными турбинами Парсонса, здесь демонстрируется зарождение и развитие паровой машины, явившейся одним из крупнейших событий в истории техники.

Атмосферная машина Ньюкомена в оригинале в музее не сохранилась. Имеется только ее модель и большого формата изображение.

Преемником атмосферной машины Ньюкомена явилась паровая машина Джемса Уатта, представленная в музее во многих видах. Первая машина Джемса Уатта «Вельзевул», начатая постройкой в сотрудничестве с Ребуком и законченная при участии инж. Болтона (1777 г.), представляла уже огромный шаг вперед даже по сравнению с позднейшими усовершенствованными двигателями. Первая машина Джемса Уатта прожила только несколько лет: она погибла от пожара. Модель ее восстановлена в музее на основании сохранившихся письменных документов.

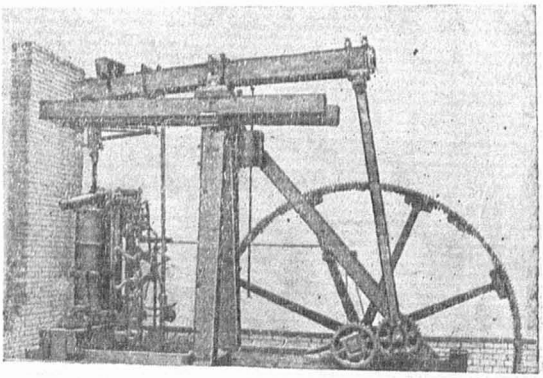


Рис. 4. Паровая машина Джемса Уатта (с планетарным механизмом). Построена в 1788 г.

Дальнейшие преобразования, внесенные Уаттом в свое изобретение, видны на представленной в музее в оригинале паровой машине с непрерывным вращательным движением (1788 г.). Для получения непрерывного вращательного движения Уатту необходимо было преобразовать качательное движение балансира в непрерывное вращательное движение вала. Для этого Уатт хотел использовать принцип действия кривошипа и шатуна. Но принцип этот еще до Уатта был запатентован другим изобретателем (Пикаром), и Уатт вынужден был искать иные пути для решения этой задачи. Это решение в виде так называемого «солнечного и планетного» колеса, представляющего комбинацию зубчатых колес, и применялось на машинах Уатта вплоть до истечения срока патента Пикара.

Рис. 5. Мастерская Джемса Уатта.

Первая машина с непрерывным вращательным движением была построена на заводе «Сохо». Через год или два была построена такая же машина мощностью в 30 *л. с.* для пивоваренного завода Уайтбреда. Эта машина, проработав около ста лет, была приобретена музеем в Сиднее.

Джемс Уатт разработал и запатентовал также паровую машину с применением высокого давления и последовательного расширения пара в нескольких цилиндрах. На практике же ни высокое давление, ни большие расширения пара Уаттом не применялись: он справедливо опасался за прочность котлов, которые при тогдашней конструкции и качестве материала не отличались надежностью.

За разрешение задачи постройки паровых машин высокого давления и двойного расширения пара взялся современник Уатта, Тревитик. Сконструированная им машина, не получившая фактического применения (осуществление Тревитика на практике произошло уже в XIX в.), показана в музее в оригинале.

Дальнейшее развитие паровых двигателей связано с именами Виланса, Вольфа, де-Лаваля и Парсонса (турбины). Представленные в музее модели этих машин доводят нас до современного мощного парового турбогенератора в 50 тыс. *л. с.*

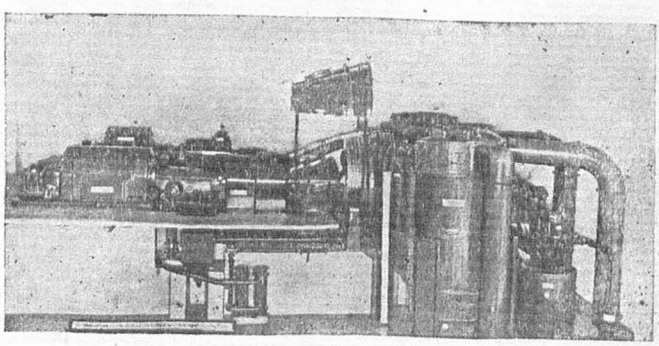


Рис. 6. Паровой турбогенератор в 50 000 *квт* (построен в 1924 г. на заводах Парсонса).

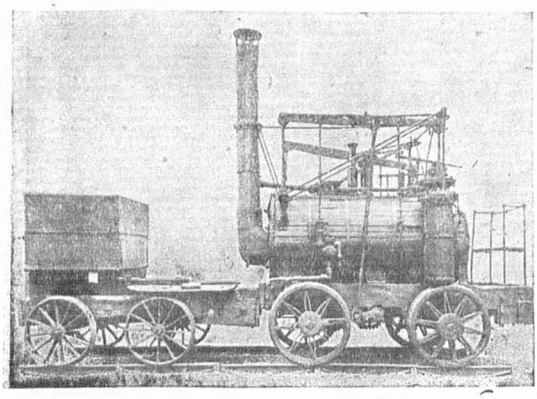


Рис. 7. Старейший локомотив «Пыхтящий Билли» (построен Хидлеем в 1813 г.).

Музей в точности восстановил мастерскую Джемса Уатта в Хитфельде, в которой великий изобретатель работал последние 20 лет своей жизни. Все машины и обстановка мастерской воспроизведены в точности в том виде, в каком они находились в последние годы жизни великого изобретателя.

Паровозы

Отдел железных дорог Научного музея начинается моделью зубчатоколесного паровоза Бленкинсопа (1812 г.). Она иллюстрирует те способы, которыми изобретатели того периода, ошибочно считавшие, что между гладкими движущимися колесами паровоза и железными рельсами не существует трения, необходимого для движения, пытались бороться с этим обстоятельством.

Первый паровоз с гладкими колесами, годный к употреблению, был построен Хидлеем в 1813 г. Один из паровозов этого типа, вошедший в историю локомотивостроения под именем «Пыхтящий Билли» (Puffing Billy), работал 50 лет на Уиламской железной дороге, после чего был приобретен Кенсингтонским музеем. Здесь он занимает почетное место рядом с локомотивом Стефенсона.

25 июля 1814 г. Стефенсон пускает в ход свой первый паровоз. У этого паровоза были гладкие ведущие колеса, которые приводились в движение помощью зубчатоколесных передач. У своих предшественников Стефенсон позаимствовал положение паровых цилиндров и устройство шатунов и передачу движения ведущим осям. Средняя скорость первого паровоза Стефенсона равнялась примерно 5 *км/час*, так что по сравнению с прежней конной тягой он не давал почти никаких преимуществ.

Следующая конструкция паровоза Стефенсона «Локомошен» (1825 г.), построенного для Стоктон-Дарлингтонской железной дороги, показана в Научном музее только в виде модели. Сам паровоз стоит и сейчас на каменном фундаменте перед Дарлингтонским вокзалом, который также сохранен и поныне в том виде, в каком он был в период отхода от него первых поездов.

Стефенсоновская модель 1825 г. имеет еще очень много общего с первыми паровозами, построенными в 1815 г.: тот же способ приведения в действие колес, то же вертикальное положение цилиндров и т. д. Но соединения колес и сохранение постоянного угла между кривошипами достигается уже не помощью цепи, а при посредстве соединительных штанг в совокупности с обратным кривошипом.

Паровоз 1825 г. имел еще два больших дефекта: ничтожное парообразование и слишком большое потребление пара. Поэтому на открытой осенью 1825 г. новой Стоктон-Дарлингтонской железной дороге он перевозил только товарные поезда; пассажирские же поезда до 1830 г. возились лошадями.

В 1826 г. Управление Стоктон-Дарлингтонской дороги объявило конкурс на паровоз пригодный для эксплоатации на строившейся тогда дороге Ливерпуль — Манчестер. На конкурс были допущены три паровоза: «Rocket» («Ракета») Роберта Стефенсона (сын), «Sans pareil» («Несравненный») Гакворта и «Novelty» («Новшество») Бертверта и Эриксона. Состязания, производившиеся у станции Ренгиль на участке в 2,5 *км*, вошли в историю паровозостроения под именем «Битва у Ренгиля».

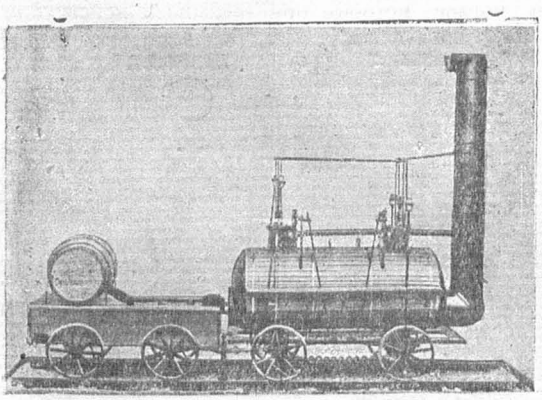


Рис. 8. Модель стефенсоновского локомотива (1815—1820 гг.).

Из трех паровозов, участвовавших в состязании, Кенсингтонскому музею удалось сохранить только два: «Ракета» и «Несравненный», третий — «Новшество» — находится в музее только в виде модели.

В 1830 г. Стефенсон построил паровоз для Ливерпуль-Манчестерской дороги, известный под именем «Планета». В музее он представлен в виде модели. Этот паровоз обладал уже всеми

известными в это время усовершенствованиями: трубчатым паровым котлом, паровым конусом, горизонтально лежащими внутренними цилиндрами, паровым колпаком и т. д.

В ближайшие за открытием Ливерпуль-Манчестерской железной дороги десятилетия Англия снабжает паровозами все страны Европы и Америки, занявшиеся строительством железных дорог. В музее представлена модель паровоза «Бьюри», построенного в 1830 г. Стефенсоном в количестве 20 единиц для поставки в Североамериканские соединенные штаты.

Модели последующих представленных в музее паровозов постепенно подводят нас к современной эпохе и показывают нам резкий контраст с первыми паровозами, применявшимися на транспорте в начале XIX в.

Авиация

Богато представлен в Научном музее и отдел авиации. Сопоставление первых летательных аппаратов с современными гигантскими самолетами дает наглядное представление о колоссальном развитии воздухоплавания за последние 30—40 лет.

Отдел начинается моделью первого летательного аппарата с двигателем, построенного в 1848 г. Джоном Стрингфеллоу и Хенсоном. Пользуясь теоретическими работами, проделанными английскими авиоконструкторами Кейли и Уокером, Хенсон задался целью построить летательный аппарат, снабженный двигателем в виде паровой машины. Фотокопия заявления Хенсона о выдаче ему патента на летательный аппарат, выставленная в Научном музее, свидетельствует о том, что уже в те годы Хенсон предугадал основные черты современного аэроплана. Вот наиболее интересное место из этого заявления:

«Первая часть моего изобретения заключается в аппарате, представляющем летающую поверхность из легкого и прочного материала. Эта летающая поверхность во всей моей конструкции должна играть такую же роль, какую крылья птиц играют во время полета.

...В качестве двигательной силы я применяю лопаточное колесо или другой какой-либо пропеллер, приводимый в движение паровой машиной.

Для направления машины вверх и вниз летающая поверхность соединяется с хвостом, который обладает способностью подыматься или опускаться вниз. Поднимая хвост вверх, машина вследствие сопротивления воздуха будет также подыматься вверх. Наоборот, наклоняя хвост книзу, я направляю машину по направлению к горизонту. Для бокового управления машиной я применяю вертикальный руль, который по тому же принципу будет придавать машине то или иное направление».

В проекте Хенсона большое участие принимал также английский конструктор Джон Стрингфеллоу, разработавший детали паровой машины для летательного аппарата.

Из всех моделей Хенсона и Стрингфеллоу Кенсингтонскому музею удалось приобрести только две первоначальных.

Из многочисленных летательных аппаратов, построенных в конце XIX в., в музее представлена еще модель гигантского самолета, построенного изобретателем пулемета Максимом Хайрем (1893 г.). Машина эта, построенная после целого ряда опытов, поражает своей величиной: высота 10 *м*, поверхность 522 *м*², вес 2500 *кг* и мощность двигателя 360 *л. с.*

Машина должна была разбегаться по особым рельсам, а для того чтобы она не могла неожиданно подняться на воздух, сверху были прикреплены контр-рельсы. При разбеге с тремя пассажирами аппарат поднялся на воздух, но тут же накренился на бок, упал и разбился.

Колоссальное значение для развития самолетостроения имели работы и наблюдения, проделанные немецким инж. Отто Лилиенталем над полетом птиц. Результаты огромных трудов Лилиенталя подытожены в выпущенной им работе под названием «Полет птиц как основа авиации». Труд этот в дальнейшем имел огромное значение для изучения законов аэродинамики. В Научном музее представлены модели летательного аппарата Лилиенталя и его последователя Пильчера.

В то время как в Германии Лилиенталем велись опыты над планерами, в Североамериканских соединенных штатах шла напряженная работа в том же направлении двумя соревновавшимися группами: проф. Ленглеем, стоявшим во главе Смитсоновского института в Вашингтоне, и братьями Райт.

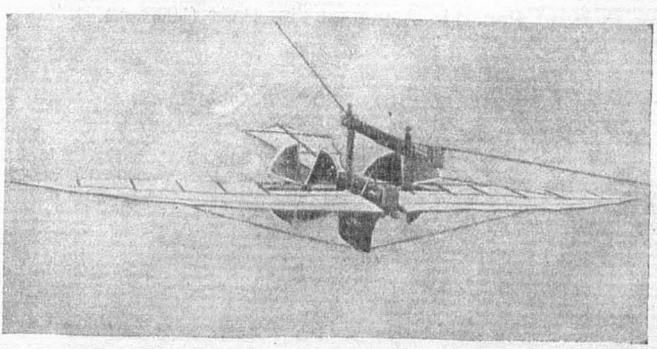


Рис. 9. Реконструкция модели летательного аппарата Стрингфеллоу (1848 г.).

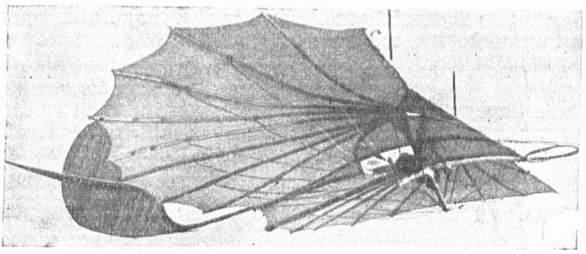


Рис. 10. Планер Лилиенталя (1895 г.).

Первый настоящий летательный аппарат Ленглея, или, как он его упорно называл, «аэродром», был построен к концу 1903 г. (до тех пор опыты Ленглея велись только над моделями, снабженными двигательной силой).

Опыты над аппаратом Ленглея, начатые в 1903 г., окончились неудачей: при самом старте аппарат упал и разбился. Тем не менее документы, изданные Смитсоновским институтом после смерти Ленглея под названием «Мемуары Ленглея о механическом полете», показывают, что идея воздухоплавания на аппаратах тяжелее воздуха в основном Ленглеем была разрешена правильно. По этим же документам Кенсингтонский музей и восстановил модель ленглеевского аппарата.

Катастрофа с аппаратом Ленглея произошла 8 декабря 1903 г., а через 9 дней после этого события братья Райт совершили свой исторический полет, положивший начало окончательному завоеванию воздуха человеком.

Аэроплан, на котором был совершен этот полет, подарен Кенсингтонскому музею Орвилем Райт.

Аэроплан этот в своих основных формах весьма схож с предыдущими планерами братьев Райт. Он имеет две пары крыльев длиною в 12,5 *м* и шириною в 2 *м*. Впереди помещается руль высоты, также состоящий из двух поверхностей, а сзади — руль поворота. Движение осуществляется с помощью мотора и двух винтов, вращаемых помощью цепной передачи и расположенных позади крыльев. Правый винт приводится во вращение посредством прямой передачи, левый — посредством перекрещивающейся цепи. Поэтому винты вращаются в противоположные стороны.

На нижнем крыле сбоку от пилота установлен четырехцилиндровый бензиновый мотор мощностью в 25 *л. с.* при 1 400 об/мин. Охлаждение мотора водяное. Под крыльями устроено шасси в виде салазок, на которых укреплен сильно выдвинутый вперед руль высоты.

Взлет райтовского аэроплана совершался при помощи особых приспособлений. Аппарат устанавливался на рельс длиной в 20 *м* и получал первоначальный толчок и скорость от падения соединенного с ним помощью каната груза в 700 *кг*. Этот груз был подвешен на башне.

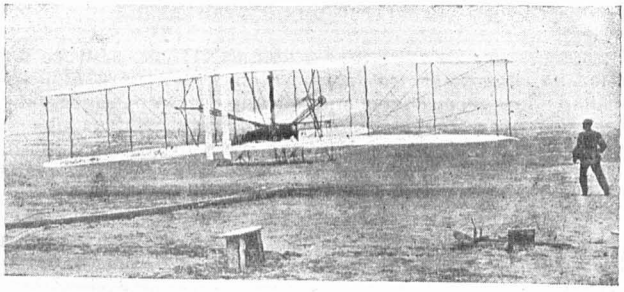


Рис. 11. Аэроплан бр. Райт (1903 г.).

В научном музее Лондона находится также аэроплан «Антуанет», на котором английский летчик Латали сделал попытку перелета через Ламанш.

Авиация военного времени представлена обширной коллекцией моделей наиболее известных военных самолетов «Fokker», «Albatros» и др.

Среди оригинальных самолетов, имеющихся в музее, примечательны еще «Vickers-Vimy», на котором в 1919 г. летчики Алькок и Броун совершили первый трансатлантический перелет, покрыв расстояние в 2 700 *км* за 15,5 час., самолет «Moth» с мотором «Gipsy», на котором известная летчица Моллисон совершила перелет из Англии в Австралию, и др.

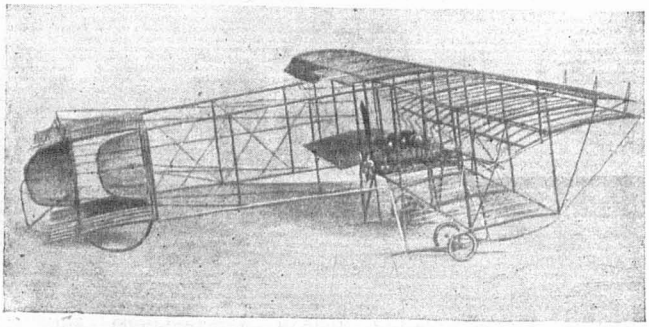


Рис. 12. Биплан Фармана (1914 г.).

Значительная часть авиационного отдела посвящена летательным аппаратам легче воздуха: модель воздушного шара бр. Монгольфье, дирижаблей и др.

В целом авиационный отдел полностью оправдывает поставленные перед ним задачи — показать огромную роль Англии в развитии авиации.

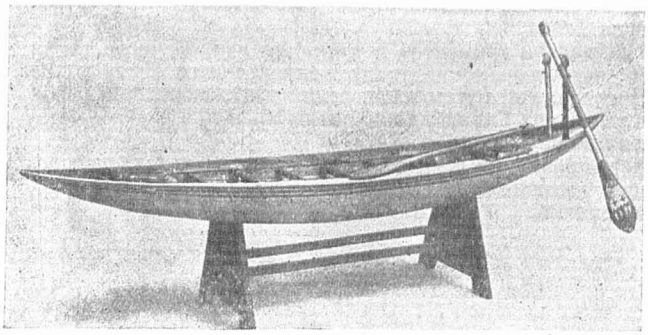


Рис. 13. Модель Египетской ладьи (2 000 лет до н. э.).

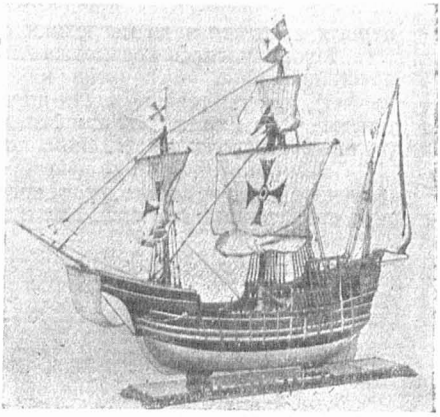


Рис. 14. «Санта Мария». Модель судна, на котором Христофор Колумб совершил свое историческое плавание в 1492 г.

Мореплавание и кораблестроение

История мореплавания представлена в музее моделями огромного количества судов. От древнеегипетской ладьи из папируса, примитивных лодок для торгового мореплавания в Персидском заливе, парусных судов из Великого океана и кончая современными мощнейшими паровыми судами, — вся эта галерея в наглядной форме демонстрирует историю развития мореплавания до самого последнего времени.

Среди экспонатов этого отдела особенно примечательной является модель корабля «Санта-Мария», на котором Христофор Колумб отправился для отыскания кратчайшего пути в Индию и попутно открыл Америку.

Эта модель получена музеем в подарок от испанского правительства.

Эпоха позднейшего кораблестроения представлена моделями пяти судов компании «Кюнард-Лайн», из которых «Британия» построена в 1840 г. и «Мавритания» в 1907 г.

На моделях этих судов демонстрируются колоссальные успехи кораблестроения в XIX в.

Станки

История развития токарных станков показана рядом моделей, иллюстрирующих их систематическое усовершенствование, и доводит нас до современного станка высокой точности и производительности.

Среди экспонатов музея представлен в оригинале первый станок Генри Модслея (1800 г.)

Дальнейшее усовершенствование токарных станков показано на станке Робертса (1817 г.).

История молота восходит к периоду возведения обелисков в древнем Египте. Чтобы вытесать колонны из гранита, употреблялся каменный (диоритовый) молот. В отделе ручных орудий труда показан подъемный молот, конструкция которого относится к 1555 г. Такие молоты сохранились на некоторых заводах вплоть до XIX в. В 1804 г. два таких молота были построены в Портсмутском доке. Модель одного из них выставлена в музее.

После изобретения паровой машины сила пара была впервые применена для молота Несмитом в 1839 г. В музее этот молот представлен действующей моделью. Ряд других моделей, показанных в музее, говорит о дальнейших усовершенствованиях последующих лет.

Огромные паровые гидравлические прессы современной эпохи показаны в музее помощью фототранспарантов.

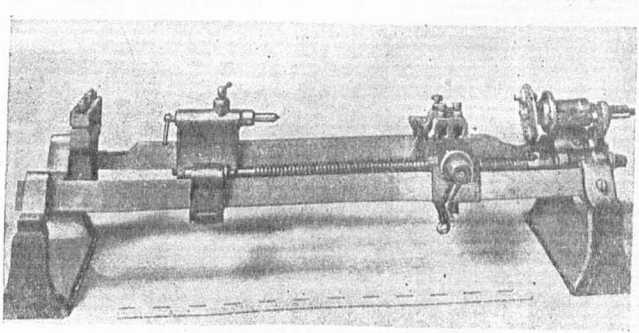


Рис. 15. Токарно-винторезный станок Модслея (1800 г.).

Отдел физических приборов включает весьма ценную серию рентгеновских трубок, от первых ее типов и до последних образцов.

Музею удалось воспроизвести целый ряд инструментов древних времен. В числе таких восстановленных экспонатов находятся: астрономический инструмент древнего Египта (the merket), употреблявшийся для определения времени путем наблюдения над положением звезд, теневые часы Египта (IX или X в.), два телескопа Галилея (оригиналы хранятся в музее Флоренции), отражающий телескоп, построенный Ньютоном, и др.

Нами описана только некоторая часть коллекций Научного музея. Но и она уже дает достаточное представление о том богатейшем материале, который накоплен в его экспозиции, и об его огромном значении для истории техники.

А. Шмоизе.

За научно-популярную книгу по истории техники

Рудольф Дизель, его жизнь и деятельность

Л. Гумилевский

Энергоиздат, Москва 1934, стр. 180, ц. 2 р. 20 к., тираж 15 тыс. экз.

Беседы о машинах

инж. Б. В. Кузнецов

Энергоиздат, Москва—Ленинград 1933, стр. 190, ц. 3 руб., тираж 10 тыс. экз.

Нужда в хорошей научно-популярной массовой технической книге особенно настоятельна на данном этапе социалистического строительства, когда перед широчайшими массами трудящихся Советского союза во весь рост стоит задача овладения техникой, когда кадры решают все. Между тем в последние годы наши государственные издательства уделяли недостаточное внимание изданию такого рода литературы вообще и в частности изданию научно-популярной технической литературы для юношества.

Если по узкоспециальным вопросам техники мы имеем кое-какую научно-популярную литературу и можем отметить здесь некоторые достижения, явившиеся прямым следствием борьбы за проведение техминимума, то с изданием популярных книг по истории техники дело обстоит совершенно неудовлетворительно.

Едва ли будет преувеличением сказать, что научно-популярной литературы по истории техники мы еще не имеем вовсе и, вероятно, долго еще не будем иметь, если издательства не возьмутся, наконец, по-большевистски за это дело. Это тем более необходимо, что решение ЦК ВКП(б) и СНК о преподавании гражданской истории в школах СССР в той же мере должно быть отнесено, по нашему мнению, и к истории техники. Таким образом одной из важнейших задач, стоящих перед государственными издательствами, является издание высококачественной массовой научно-популярной литературы и в частности литературы для юношества не только по гражданской истории, но и по истории техники.

Естественно, что издание «юношеской научно-технической библиотеки», предпринятое Государственным энергетическим издательством, нужно не только всемерно приветствовать, но и всячески поддержать. Однако создание технической юношеской и массовой книги — дело весьма сложное и трудное. Оно требует высококвалифицированного авторского коллектива, способного подать материал в простой и увлекательной форме, сохраняя в то же время строгую научность изложения. Не всегда легко также и соответствующее художественное и техническое оформление книги, в особенности, когда речь идет о массовой научно-популярной литературе.

Посмотрим, в какой мере рецензируемые книги, вошедшие в число первых выпусков указанной «библиотеки», удовлетворяют требованиям, предъявляемым к научно-популярной массовой литературе.

Работа Л. Гумилевского «Рудольф Дизель, его жизнь и деятельность» должна быть признана более удачной из этих двух книг. В ней собран интересный тщательно разработанный материал, она достаточно насыщена фактами как из жизни Дизеля, так и из истории дизелестроения, отличается живостью изложения и относительно удовлетворительным производственным оформлением. Все эти положительные качества выделяют ее из ряда подобных ей изданий. С документальной точностью автор излагает подлинную историю изобретения, от зарождения идеи до полного ее практического осуществления, и дает в то же время яркую характеристику Дизеля как человека, сочетавшего в себе черты талантливейшего и упорнейшего изобретателя, эстета и либерального реформатора.

Но наряду с этими достоинствами книга Л. Гумилевского имеет существенные недостатки. У автора нет цельности и полноты в изложении социально-политических причин борьбы, разгоревшейся вокруг Дизеля и его изобретения. Не показана острота противоречий капитали-

стического общества в эпоху империализма, увеличиваемая техническим прогрессом, новыми изобретениями и в частности изобретением Дизеля, сыгравшим важнейшую роль в развитии энергетического хозяйства империализма. Можно согласиться с издательством, которое в замечаниях к книге пишет:

«Не только бюрократичность или другие личные интересы тормозили деятельность Дизеля. На пути его стояли политические интересы. Борьба вокруг Дизеля есть борьба нефти с углем,... война старых технических форм с новыми, революционизирующими производство» [1].

Приходится сожалеть, что автор не воспользовался имеющимся богатым фактическим материалом, чтобы глубже и шире осветить эту сторону дела. Вследствие этого столь важные вопросы, как социально-экономическая обусловленность изобретения Дизеля, как влияние двигателя Дизеля на развитие противоречий капиталистического общества в эпоху империализма и их обострение, остались неосвещенными в должной мере.

Одной из важнейших задач, которую каждый работник по истории техники должен поставить перед собой, является показ классовой борьбы вокруг техники и технической политики. Автор разрешает эту задачу по нашему мнению весьма упрощенно и поверхностно. Так, например, борьбу Крумпера (главного технического консультанта аугсбурского завода и заслуженного строителя парового двигателя) против постройки дизельмотора (стр. 56—59, 65 и др.) он объясняет проявлением обскурантизма, научного мракобесия. Конечно, такое объяснение совершенно недостаточно, чтобы вскрыть действительные мотивы и причины борьбы Крумпера против Дизеля. Понятно, что дело не только в Крумпере, в его обскурантизме и мракобесии. Дизельмотор являлся не только конкурентом парового двигателя, вытесняя и заменяя последний, он в то же время сильно ударял по углепромышленникам, поставщикам угля для паровых машин. За спиной Крумпера стояли не только владельцы заводов паровых двигателей, но и углепромышленники, для которых дизельмотор, потребляющий нефть, а не уголь, означал в конечном счете сокращение прибылей. За эти прибыли они и повели ожесточенную борьбу, одним из участников которой являлся Крумпер.

Также недостаточно показан политический смысл борьбы Эм. Нобеля, стремившегося захватить для своей нефти не только русский, но и мировой рынок и использовавшего в этой борьбе как мощное орудие дизельмотор (стр. 80—84, 93—97 и др.). Направленные против Дизеля выступления в печати проф. Людерса (стр. 165—166), а затем и бывшего сотрудника Дизеля проф. Мейера автор точно так же объясняет только мелкими личными интересами и некоторой долей реакционности авторов этих выступлений.

Наконец следует указать еще на слабое, поверхностное изложение исторической обусловленности изобретения двигателя внутреннего сгорания и в частности двигателя Дизеля (гл. II, стр. 11—15).

Несмотря на указанные недостатки, снижающие ее ценность, книга Л. Гумилевского представляет все же несомненный интерес не только для юношества, но и для более широкого круга читателей, на который она по существу и рассчитана.

Если недостатки книги Л. Гумилевского являются, можно сказать, своеобразными болезнями роста нашей научно-популярной литературы на данном этапе ее развития, то весьма существенные недостатки книги инж. Б. В. Кузнецова «Беседы о машинах» скорее являются болезнями роста автора. Эти недостатки не искупаются и рядом положительных моментов: простотой изложения, удачным расположением и оформлением материала и даже частичной его доброкачественностью и т. д.

В самом деле, автор поставил перед собой задачу: «Дать простые, наглядные и разносторонние сведения об энергетических машинах и установках, по возможности всюду выделяя заложенную в конструкцию машины или в проекте установки творческую идею и соединяя описание с историей возникновения и развития данной машины или установки» (стр. 3). При осуществлении этой задачи автор попытался раздвинуть рамки книги и дать в популярной форме не только историю развития энергетики от глубокой древности до наших дней, но и показать вместе с тем основные линии развития энергетики будущего. Однако в одном из важнейших вопросов истории энергетики, в вопросе исторической обусловленности перехода от одного вида энергетики к другим, более совершенным видам, автор в большинстве случаев не дает четких, развернутых и правильных формулировок. Так, например, переход от мускульной энергетики к механической автор объясняет только тем, что «древнее хозяйство, основанное на силе рабов, содержание которых обходилось дешевле, чем содержание живот-

[1] Издательство снабдило книгу Л. Гумилевского своим замечанием, где, перечислив ряд недостатков, имеющихся в книге, обещает, что «недостатки книги... при последующих ее изданиях будут совершенно исправлены» (см. замечание в конце книги). Лучше было бы, если бы издательство вместо таких обещаний уже в этом издании исправило вполне устранимые недостатки книги Л. Гумилевского. Приходится удивляться также и тому, что издательство, обещая исправить недостатки книги, в то же время в своем замечании, уместившемся почти на одной странице, допустило три неточные и неправильные формулировки: 1) «...острота противоречий капиталистического общества, порождаемых техническим прогрессом..., 2) «борьба вокруг Дизеля есть империализм нефти..., 3) «...за спиной Крумпера стояли углепромышленники, которых каждая новая машина, стремившаяся потреблять нефть, а не уголь, вела к разорению».

ных, не могло способствовать развитию механических двигателей. Только с уничтожением рабства начинается переход от мускульной двигательной силы к использованию природных энергетических ресурсов — ветра и воды — в более или менее значительных размерах, т. е. переход на более высокую ступень» (стр. 32).

Как известно, несмотря на то, что в рабовладельческом хозяйстве содержание животных обходилось, как правило, дороже содержания рабов, все же мускульная сила животных находила значительное применение в некоторых отраслях производства (транспорт, сельское хозяйство). Кроме того, мускульной силой животных пользовались для приведения в действие некоторых двигателей (топчак, конные приводы и др.).

Что касается использования силы воды, то гидравлический двигатель в виде простейшего водяного колеса возник в глубокой древности. Он имел значительное распространение в Египте, Вавилоне, Индии, Китае, Риме и других странах, главным образом при подъеме воды для орошения и размола зерна. Достаточно и этих данных, чтобы показать, что переход использованию механической энергии связан не только с уничтожением рабства. Уже в недрах рабовладельческого общества производительные силы настолько возросли, что их дальнейшее успешное развитие упиралось в необходимость широкого использования наряду с силой рабов силы животных и воды. Это нисколько не противоречит тому факту, что на известной ступени своего развития рабство стало тормозом для успешного и широкого использования природных энергетических ресурсов — воды и ветра — в качестве двигательной силы. Использование этих ресурсов в значительных размерах оказалось возможным только с уничтожением рабства.

Важнейший теоретический вопрос о машине и машинной технике также не получил должного освещения. Автор дает все основания утверждать, что машина — категория внеисторическая, что машина в собственном смысле слова и машинная техника имели место уже в древности. Правда, это нигде прямо не утверждается, но внимательное ознакомление с материалом прямо приводит к такому выводу. В оглавлении книги мы находим такие разделы: «Машина в древности» (стр. 10), «Машинная техника и техническая наука в древности» (стр. 21); в тексте встречаются такие выражения: «первобытные машины...» (стр. 10), «машинная техника до XV века...» (стр. 26, 12) и т. п. Все это усугубляется еще и тем, что автор, приводя определение римского инженера Витрувия: «машина есть деревянное приспособление, оказывающее великие услуги при передвижении тяжестей» (стр. 10), не дает себе труда показать историческую обусловленность этого определения, его недостаточность, неполноту и совершенную неприемлемость его для нас, живущих в эпоху господства машинной техники.

Эту путаницу автор мог бы легко устранить, тем более, что в дальнейшем (стр. 35, 36, 166, 167, 168) он сам частично показывает историческую обусловленность появления машины и дает развернутое, хотя и далеко не исчерпывающее определение машины (стр. 35, 36). Здесь автору следовало бы воспользоваться известным определением машины, данным Марксом [1].

Весьма существенным недостатком рецензируемой книги являются неряшливые формулировки и вольное обращение с цитатами и выдержками. Чтобы показать, насколько серьезен этот недостаток и как невнимательно, можно сказать, политически близоруко редакция и автор отнеслись к своим обязанностям, разберем несколько таких формулировок. На стр. 7 мы читаем: «Начался в истории материальной культуры человечества так называемый бронзовый век, отличительной чертой которого были бронзовые орудия; этот век пришел на смену очень длительной эпохе каменного века, когда вырабатывались только каменные орудия». Прежде всего неверно, что в эпоху каменного века вырабатывались только каменные орудия. В раннюю эпоху каменного века вырабатывались как каменные, так и деревянные орудия, но последние не сохранились до нашего времени. В более поздние эпохи каменного века наряду с каменными выделывались не только деревянные орудия, но и орудия из кости и рога. В конце каменного века начинают появляться как спорадическое явление металлические орудия (медные и позднее бронзовые). Не совсем точно также утверждение, что бронзовый век пришел на смену каменному. Как промежуточная эпоха, между каменным и бронзовым веками лежит медный век, эпоха появления первых металлических орудий.

А вот образец политически неверных формулировок: «В современном кризисе (т. е. кризисе, начавшемся в 1929 г. — *А. К.*) совпали, — пишет автор, — промышленный и аграрный кризисы, а их длительность и глубина привели к всеобщему кризису капиталистической системы как таковой» (стр. 162). До прочтения этого откровения мы были твердо уверены, что современный промышленный кризис принял столь небывало затяжной характер потому, что он развивался в условиях всеобщего кризиса капитализма и что это-то и есть главное, чем объясняются его длительность и глубина. Оказывается, нет. Всеобщий кризис капиталистической системы, по мнению автора, является производным от длительности и глубины промышленного и аграрного кризисов. Ну, уж дальше ехать некуда. Напомним только автору, что тов. Сталин на XVII партсъезде, характеризуя современный промышленный кризис в капиталистических странах, объяснял его глубоко затяжной характер пятью обстоятельствами, в том числе—«и

[1] К. Маркс, Капитал, т. I, стр. 311—312, изд. 7-е, 1931. Переписка Маркса и Энгельса, Собр. соч., т. XXIII, стр. 130; К. Маркс, Нищета философии, Собр. соч., т. V, стр. 387.

это главное — тем, что промышленный кризис разыгрался в условиях общего кризиса капитализма» [1].

И, наконец, при характеристике развития техники социализма, в разделе «Подъем технической культуры в СССР» автор дал такие формулировки (стр. 173), которые недостаточно подчеркивают роль диктатуры пролетариата в деле превращения нашей страны из технически отсталой в передовую. При изложении этого раздела автору следовало бы ознакомиться со статьей тов. Стецкого: «Пролетарская диктатура и экономическая теория» [2], положив ее в основу изложения роли диктатуры пролетариата в технической революции СССР.

Как уже было указано выше, неприятно поражает вольное обращение автора с цитатами и выдержками (сравнить выдержки на стр. 6, 7, 8, 16 и др.), а также некоторая небрежность в терминологии («первобытные машины» — стр. 10, «древнее хозяйство» — стр. 32 и др.). Так, например, на стр. 6 из пяти цитат и выдержек, взятых автором из работ Маркса и Энгельса, три подверглись некоторым изменениям (подчеркивание мыслей, не выделенных у Маркса и Энгельса, и наоборот и т. п.). Можно было бы привести еще немало спорных и даже неверных утверждений (стр. 5, 7, 8, 12, 14, 26, 42, 59, 98, 104, 130, 141, 165, 167, 168, 173 и др.), но нам кажется, что для общей оценки книги их уже и без того приведено достаточно. Книга в ее настоящем виде не может быть признана удовлетворяющей требованиям научно-популярной массовой литературы.

Трудности создания подобного рода литературы огромны. Особенно это относится к научно-популярной массовой литературе по истории техники. Узкое место этого участка — кадры, подготовка которых представляет значительные трудности. Комиссия по истории техники при КВТО, которой уже удалось сколотить значительную группу работников, занимающихся историей техники, должна, по нашему мнению, принять самое активное участие в деле создания хорошей научно-популярной историко-технической книги.

А. Кудрявцев.

---

[1] Из доклада т. Сталина на XVII партсъезде, «Правда» от 25/I 1934.
[2] «Правда» от 29/III 1933.

Опыт фашизации истории техники

Technikgeschichte

Im Auftrage des VDI herausg. v. C. Matschoss. Beiträge zur Geschichte der Technik und der Industrie, Band 22, Berl. 1933. История техники и национал-социализм. Поход ученых людей, «творцов» германской промышленности. Дорожное строительство в Альпах и его историческое значение для Германии. Патриотизм и спор об изобретении телеграфа. Статьи по истории металлургии и металлообработки, энергетики, почты, часового дела и консервной промышленности. Хроника и обзоры. Использование источников и литературы.

Переименовывая свой журнал, Конрад Матчос и современные руководители Союза немецких инженеров хотели отметить перемену его направления [1]. Книга снабжена предисловием, в котором гегельянский идеализм перекликается с национал-социализмом, густо приправленным самой развязной социальной демагогией. Технику Матчос определяет как форму реализации человеческого духа. Благодаря внутреннему своеобразию своих законов техника лучше всего вмещается в те формы жизни, за которые борется новая Германия. На первом месте в ряду этих новых форм стоит трудовая повинность. В истории техники лучше всего выявляется тесный союз физического и умственного труда. Она должна стать поэтому необходимым элементом изучения исторических связей и традиций, на основе которых «вождь» Германии и его соратники воспитывают немецкий народ. Центром тяжести в этом изучении должен быть живой двигатель технического развития — человек. Тем самым расширяется значение истории техники. Из достояния немногих исследователей она превращается в предмет интереса широчайших народных кругов, занятых в производстве. Самый журнал ставится на службу этому интересу и приспособляется к нуждам школьного преподавания.

Вопросу о роли музееведения в новом воспитании посвящена статья самого Матчоса. История народа, благочестиво говорит Матчос, не исчерпывается историей князей, генералов и государственных людей. Рабочие — «тоже составная часть народа». Звание рабочего должно быть почетным. Уважению к этому званию и вообще к труду должны учить краеведческие музеи. В подборе экспонатов этих музеев нередко господствовала случайность. Довольно часто преобладал в нем уклон в сторону изобразительных искусств, с ущербом для культурно-исторического материала, в частности для истории техники и труда. Пора установить надлежащее равновесие между искусством и жизнью, праздником и буднями. «Теперь, в эпоху великой безработицы, мы знаем, каким необходимым и великим благом является для каждого человека труд». Это меланхолическое замечание не совсем созвучно бравурно-гитлеровским тонам, в которых Матчос пытается изложить всю свою статью. Далее он высказывает истину несомненную, но нисколько не становящуюся от того приятной: «Народ не может жить без работы». Какую роль в утолении этой жажды труда сыграют краеведческие музеи, призванные ее усилить, автор не поясняет и переходит к описанию музеев-заповедников, образцом которых служит парк-музей в Стокгольме и свайная деревня Унтерульдиген на Боденском озере. Статья заканчивается уверением, что работа инженера есть нечто большее, чем просто искусство зарабатывать деньги, что инженерное творчество черпает вдохновение в исконном немецком идеализме и именно поэтому нуждается в музейном оформлении своей истории.

Показ живых людей, обещанный Матчосом, выполняется в нескольких статьях. Значительнейшей из них является, пожалуй, статья Танцера: «Пионеры верхнесилезской промышленности».

Первый из этих пионеров, Георг Гише, был бреславльским оптовиком. Он родился в 1853 г. в семье мелкого землевладельца, изучил торговое дело в своем родном городе и сначала занялся торговлей сукном. В 1700 г. возникла тяжба между графом Карлом Максимилианом Генкель фон. Доннерсмарк и владельцем имения Бобрек Каспаром Пельхжимом, самовольно разрабатывавшим свинцовые копи и тем нарушавшим какую-то феодальную привилегию графа. За этим процессом очень внимательно следил Гише, правильно оценивший прибыльность дела.

---

[1] Technikgeschichte—22-й том ежегодника «Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie», выходившего под редакцией К. Матчоса с 1909 по 1932 г. (см. «История техники», вып. III).

Он исхлопотал себе жалованную грамоту на монопольное право разведки, добычи, вывоза и торговли свинцом в течение 20 лет. В результате оба тяжущихся оказались одураченными, а Гише энергично и настойчиво принялся расширять новое дело. Труды его не остались без вознаграждения. Кроме прибыли, он получил еще и рыцарское достоинство, а Фридрих I Прусский соблаговолил снизить для Гише на 25% пошлины, взимавшиеся его таможнями с различных товаров. Гише умер в расцвете своей деятельности. Его вдова умело продолжала вести предприятие мужа и оставила его в прекрасном состоянии в наследство сыну и трем дочерям. В дальнейшем дело переходило из поколения в поколение рода Гише и сохранило этот семейный облик до нашего времени.

Другой фигурой среди основоположников силезской горной промышленности является Иоганн Христиан Руберг. Сын зажиточного мельника, он послан был родителями в Геттинген изучать богословие, но предпочел ему занятия алхимией под руководством золотых дел мастера Бергена, который уверял, что с помощью открытого им порошка можно превращать медь и свинец в золото. Руберг разоблачил обман этого проходимца, но был разорен этими опытами. Позже Руберг работает в качестве штейгера. В Папроцане он производил некоторые опыты с минералами. Смешав фунт меди с фунтом свинцовой руды, он засыпал смесь измельченным древесным углем и в течение часа плавил ее на огне. Плавка дала почти два фунта чистой латуни и показала наличие цинка в содержащих свинец железных рудах Тарневица. В дальнейшем Руберг продолжает работать над добычей цинка, совершенствуя ее способы и удешевляя стоимость. Зависть местных чиновников к успехам Руберга погубила его карьеру. Переведенный с видной должности в горном управлении на малозаметную работу, Руберг пристрастился к пьянству, потерял службу и умер в захолустной деревушке Лаве близ Плесса, не добившись даже простого благосостояния.

Плоды изобретения Руберга пожал Карл Годулла, сын батрака, осиротевший четырех лет от роду. Юношеские скитания привели его в Тост, где он поступил конюхом в местную гостиницу и обратил на себя внимание знатного посетителя графа Баллестрема. Баллестрем взял юношу к себе, дал ему приличное образование и определил к себе на службу управляющим имением. Способный и проницательный Годулла угадал, какое блестящее будущее ожидает в Силезии цинковую промышленность, и убедил своего хозяина вложить в это дело некоторые средства, вполне себя оправдавшие. Отсюда пошло благосостояние самого Годуллы, ставшего самостоятельным предпринимателем и вскоре прослывшего цинковым королем Верхней Силезии. Годулла скончался собственником шести имений, 18 свинцовых и 40 угольных шахт и 4 цинкоплавильных заводов. Успехи Годуллы ни в какой мере не были плодом его технической инициативы. Ими он был обязан лишь своему коммерческому чутью и бесспорному организаторскому дарованию.

Кроме этих деятелей, Танцер упоминает о графе Филиппе Колонна и помещике Франце Винклере. Тот и другой приступили к горному делу с большим капиталом в руках. И Колонна и Винклер были для своего времени передовыми техниками, но еще в большей степени они были капиталистами. В качестве таковых выступают все, кроме Руберга, персонажи Танцера. Обещанное Матчосом изображение труда и деятельности рабочих в изобретательстве и усовершенствованиях у Танцера полностью отсутствуют.

В этом смысле социальный стиль фашизма, выдвигающего на первый план вождя предприятия, выдержан безупречно.

В том же духе изображает Клаас вестфальского металлопромышленника конца XVIII и начала XIX в. Иоганна Каспара Румпе-Альтона. Рассказ о нем начинается так:

«Лет за 50 до того, как Фридрих Крупп и его сын Альфред положили в Эссене основание своему гигантскому предприятию, один человек в Вестфальской Альтоне проявил ту непреодолимую волю немецкого предпринимательского духа, которая снова и всегда победно добивается своих целей». Альтонский бургомистр Румпе владел первоначально несколькими металлопрокатками, дававшими неплохую прибыль. И он и его земляки соблазнились тем, что ахенские промышленники, выделывавшие из проката металлические изделия, получали прибыль вдесятеро большую. В Альтоне была основана фабрика стальных игол. Еще до ее основания Румпе предусмотрел возможность использования дешевого детского труда, который и получил широкое распространение. Дело не сразу пошло гладко. Сначала были и убытки и банкротства, но Румпе вышел из них относительно благополучно и, отделавшись от компаньонов, основал собственное предприятие. С тех пор он быстро пошел в гору. Привлекая разорившихся, но богатых опытом фабрикантов к себе на службу, приобретая или входя пайщиком в предприятия, поставлявшие топливо, сырье и полуфабрикаты для его нужд, Румпе сумел заинтересовать своими гидротехническими проектами даже прусского короля и получить правительственную субсидию. Дальнейший рост предприятия Румпе связан с похищением промышленного секрета его конкурента через подкуп рабочего. Оборудовав свои фабрики последними новинками английской техники, Румпе окончательно закрепил свое положение на рынке.

По словам Клааса, Румпе не был особенно восприимчив к социальным идеям нового времени. Дети из года в год работали на его фабрике, и не так давно в Альтоне показывали людей, позвоночный столб которых был искривлен еще в раннем детстве работой у игольного станка. По тогдашним временам, замечает в оправдание своего героя Клаас, допуск детей на фабрику считался благодеянием. Другим благодеянием Румпе было выхлопотанное им освобождение от воинской повинности рабочих, состоявших у него на службе с 1792 г. Этой льготы

лишались, однако, увольняемые, а равно замеченные в дурном поведении, одним из признаков которого являлось «упрямство». Таковы люди, долженствующие своей деятельностью вдохновлять современное германское инженерство и служить для фашистского юношества примером патриотического труда. Как ни замазывают фашистские биографы непривлекательные черты этих рыцарей наживы, истина говорит о себе достаточно громко. «Капиталистическое производство, несмотря на все свое скопидомство, расточительно в обращении с человеческим материалом» (Маркс, «Капитал», т. II, ч. I, стр. 48, изд. 1931 г.). Наследники Гише, Румпе и Годулла в мире Розенбергов, Папенов и прочих продолжают и усугубляют эту славную традицию немецкого капитализма. Статьи Танцера и Клааса могут служить материалом для социально-идеологической генеалогии фашистского вождизма.

В несколько ином плане построены статьи Фейерабенда и Эндереса. Первый из этих авторов трактует об истории изобретения электрического телеграфа. Изобретателями его он считает профессоров Гауса и Вебера, впервые использовавших силу электрического тока для того, чтобы при посредстве провода установить в 1833 г. сообщение между физическим кабинетом и астрономической обсерваторией. Продолжателем их дела является мюнхенский ученый Штейнгейль, усовершенствовавший переданный ему аппарат и приспособивший его не только для передачи, но и для записи звуков.

Фейерабенд исследует и старается опровергнуть основательность притязаний других национальностей на первенство в изобретении телеграфа. Англичане Кук и Уитстон выступили со своим изобретением лишь в 1837 г. При том же оно явилось лишь некоторым видоизменением модели Шиллинга фон-Канштадта, относящейся к 1833 г. Американец Морзе выступил со своим изобретением лишь в 1837 г. Указываемая им дата 1832 г. как срок изобретения ничем не подтверждается. Остается Шиллинг фон-Канштадт. Но, во-первых, он немецкого происхождения, хотя и состоял на русской дипломатической службе, а во-вторых, модель его «почти» не применялась на практике. Истинной колыбелью телеграфа является таким образом Германия. Подвергать этот вывод серьезному критическому разбору, очевидно, нет никакой надобности. Даже по приводимым Фейерабендом данным первенство принадлежит Шиллингу фон-Канштадту.

Несколько тоньше та же патриотическая линия проводится в статье Эндереса о дорожном строительстве в Альпах. Статья эта, вообще говоря, одна из интереснейших в сборнике. Римляне проложили через альпийские перевалы и теснины немало дорог, но из них лишь шесть были проезжими, да и то в случае крайней нужды. Все эти дороги имели вначале лишь военно-политическое значение. Но рука об руку с солдатом проходил по ним и торговец. Когда римская держава погибла под ударом варваров, пришли в упадок и дороги. Средние века внесли в альпийское дорожное строительство мало нового. По-настоящему оно двинулось вперед во время наполеоновских походов. После этого наступил период бурного развития альпийских дорог, длившихся 25—30 лет. Он неожиданно пришел к концу в связи с изобретением железных дорог. Рельсы стали вытеснять в Альпах грунтовые дороги. Но с 1900 г. начал входить в широкое употребление автомобиль. Уже в 1907 г. австрийское почтовое ведомство применяет его для своих перевозок в Тироле, а после мировой войны его проникновение в город стремительно ускоряется. С приходом автомобиля заметно оживилось и строительство грунтовых дорог. В результате грунтовые дороги стали обгонять рельсовые пути, а иногда случалось даже так, что полотно заброшенной железной дороги переделывалось в автомобильную трассу. Здесь имел место выразительный пример диалектического развития по спирали с возвратом к прошлому, но уже на новой технической базе. Сходный путь развития проделали зубчатые дороги.

Изложение Эндереса должно привести читателя к выводу об исключительной важности альпийских дорог для культурно-хозяйственного развития Германии. Автор говорит о мощном стремлении немецких народных сил на юг. В свете собранных им фактов проблема соединения Германии с Австрией приобретает глубокую историческую перспективу. Во весь рост встает также тесно связанная с нею проблема судьбы южного, ныне итальянского, Тироля, играющая немаловажную роль в германо-итальянских отношениях. Эндерес сдержан, но его сдержанность сильнее действует на читателя, чем болтливая откровенность Клааса и Фейерабенда.

Остальные статьи сборника не имеют столь яркой политической окраски. Интересы народного хозяйства Германии отразились, однако, на их тематике. Металлургии с металлообработкой посвящено пять статей, энергетике с электротехникой — три и лишь по одной статье — почте, часовому делу и консервной промышленности. Пивоварский обозревает технику формовочного и литейного дела в дохристианскую эру. Материалы Британского музея дают автору основание утверждать, что у древних народов Средней Азии техника эта стояла на большой высоте. Не отставали, а в некоторых отношениях даже опережали их и китайцы. Громадные статуи, вылитые из чугуна, воздвигались ими еще в V—IX вв. н. э. Отдельные места у греческих и римских писателей (Аристотеля, Павзания, Плиния Младшего) говорят о работах античных литейщиков над чугуном. Что касается литья из цветных металлов, то высокое его совершенство у народов античного мира и древнего Востока общеизвестно.

В статье Квиринга о древнейшем применении железа и стали содержится попытка разрешить давний спор между школой Бека, с одной стороны, и большинством археологов—с другой. Бек, Иоганнсен и другие историки металлургии утверждали, что обработка важнейших железных руд в древности была не более сложным делом, чем обработка меди в бронзу, и что

при постройке громадных каменных сооружений, в частности пирамид и храмов в древнем Египте, применялись железные, а возможно, и стальные инструменты. Археологи, напротив, отстаивали мнение, что хотя железо было известно на Востоке уже к началу металлической эры, но до конца бронзового века оно не может считаться таким употребительным металлом, как бронза и, повидимому, медь. Квиринг рассматривает материалы по эпохам: медной, бронзовой, ранней и более поздней железной, и приходит к убеждению, что правы археологи, в пользу которых говорят раскопки последних десятилетий и металло-химические исследования древнейших железных предметов. Статья заключается таблицей металлообработки в древности, начиная от позднего каменного и кончая поздним железным веком.

Эбелинг и Лешман дают интересный этюд о медных гвоздях, добытых из судов озера Неми. Интересна самая история этих судов. Озеро Неми находится в Албанских горах к юго-востоку от Рима. Когда-то эти горы были любимым местом римской знати и богачей. Около 40-го года н. э. Калигула построил и спустил на озеро две больших увеселительных яхты — обе около 70 *м* длины и 20—25 *м* ширины. Они потонули, очевидно, в связи с землетрясением. Судами этими интересовались уже давно. В 1446 г. пытался их поднять знаменитый предшественник Леонардо да-Винчи, инженер и архитектор Леон Баттиста Альберти. В 1827 г. пытался сделать то же Аннезио Фускони, а спустя 60 лет повторил его попытку Элизео Борги. Все эти безрезультатные предприятия причинили серьезный вред судам, не говоря уже о том, что они сопровождались расхищением бронзовых и других ценных украшений. В 1927 г. группа крупных капиталистов отстроила старый отводный канал и снизила уровень воды в озере на 25 *м*. После откачки воды, продолжавшейся непрерывно 3 года, цель была достигнута.

Ознакомление с добытыми таким образом судами внесло много нового прежде всего в историю судостроения. Но и другие отрасли истории техники обогатились совершенно изумительными сведениями. Так, установлено было употребление шарикоподшипников, облегчавших вращение какой-то из частей корабельного механизма, видимо якорного ворота. Для откачивания воды из трюма употреблялся поршневой насос, мало чем отличавшийся от современных. Авторы сосредоточивают свое внимание на двух гвоздях. Больший из них скреплял килевые доски, а меньший служил для скрепления обшивки судна, сделанной из свинцовых листов. Гвозди были подвергнуты металлографическому исследованию. Оказалось, что они выкованы ручным способом из меди. Поверхность носила следы коррозии, однако не настолько глубокой, чтобы сделать гвозди негодными к употреблению,— удивительный пример сохранности чистой меди после пребывания в воде в течение двух тысячелетий. Гвозди были подвергнуты также различным механическим и электрическим испытаниям, результаты которых описаны в статье и заслуживают самого пристального внимания историков металлургии.

Фюксель посвящает свою статью вопросам развития сварочного дела.

Интерес статьи Фюкселя лежит в некоторых обобщениях социологического порядка. Автор начинает с указания, что развитие сварочной техники зависело не только от свойства свариваемых металлов и прибавляемых при этом веществ, но и от трех других не менее важных факторов, а именно: источника жара, особой обработки свариваемых плоскостей и устранения нарушающих влияний со стороны воздуха. Улучшение сварки, поскольку оно зависело от этих трех факторов, подвигалось вперед то относительно медленно в соответствии с общим ходом развития техники, то ускорялось, равняясь на скачки в прогрессе металлургии и теплотехнического машиностроения. Требования к качеству сварки первоначально были невелики. Война резко повысила требования и дала сильный толчок развитию сварочной техники. Любопытно тормозящее влияние законодательства на сварочное дело. Еще до войны предположено было прибегнуть к сварке труб при постройке оперы Кролля в Берлине. Однако строительные правила, предусматривавшие только клепаные болтовые крепления, препятствовали этому опыту. Лишь благодаря тому, что правила эти не распространялись на военное и путейское ведомства, удалось произвести опыты сварки стальных каркасов, давшие ценный материал для последующих изменений в законодательстве. Право, как всегда, отставало от техники, но вынуждено было приспособиться к ее росту.

Особые непредвиденные последствия повлекло применение сварки в художественной промышленности. Застывающий после сварки металл приобретал новые формы, а иногда, в зависимости от добавочных веществ, и окраску. То и другое искусный сварщик мог регулировать по своему усмотрению. В результате появились новые художественные формы дверных приборов, садовых оград, памятных табличек, игрушек, статуэток и т. п. Здесь открывается громадное поле для работы сварщика-художника, который новыми средствами может воскресить и двинуть вперед искусство великих чеканщиков и литейщиков прошлого, начиная от Бенвенуто Челлини и кончая французскими мастерами бронзового дела XVIII в.

Статьи по электротехнике содержат мало нового, и мы на них здесь останавливаться не будем.

Чантер повествует, как перемещалось внимание конструктора электрических машин от вопросов электромагнетизма, казавшихся для его дела основными, к другим и прежде всего к теплоэлектрическим явлениям. При первых опытах Вернера Сименса с его динамомашиной якорь нагрелся до такой степени, что вся обмотка была разрушена. Нагревание казалось поэтому не только побочным, но и просто вредным явлением. По заданию Сименса Гефнер-Альтенек сконструировал особое водяное охлаждение, которое, впрочем, не давало желанных результатов и было в конце столетия заменено воздушным, уступившим уже после войны свое место водороду, метану и гелию. Однако в некоторых машинах, как, например, трансформаторы,

до сих пор с успехом применяется жидкое, главным образом масляное охлаждение. В процессе этих изысканий электротехникам пришлось серьезно поработать над проблемами термохимии и термодинамики.

Истории ветряных мельниц и флюгеров посвящена статья Горвица.

В одной из сохранившихся поныне рукописей Герона Александрийского имеется рисунок водяного органа, приводимого в действие ветром. Горвиц пытается выяснить, как могло случиться, что ветряный двигатель на целый ряд веков вышел из употребления и только в Средние века вновь появился в виде ветряных мельниц, притом напоминающих своим устройством героново колесо, а не весьма распространенные в то время мельницы азиатского типа.

Когда появились ветряные мельницы в стране ислама, решить трудно. Упоминания о них встречаются в довольно раннюю пору, но не всегда показания источников нужно разуметь буквально. В старинной арабской литературе сохранился рассказ о том, что один перс Абу-Луллуа жаловался повелителю мусульман на неимоверно тяжелые налоги. На вопрос калифа Омара, чем он занимается, жалобщик ответил: «Я плотник, маляр и кузнец». Омар нашел, что доход от трех профессий требует высокого обложения, и иронически добавил: «Я слышал, ты хвалился, что можешь построить мельницу, которая мелет ветром». Обиженный перс ответил, что он действительно может построить мельницу, о которой будут говорить на Востоке и на Западе. Вскоре после того он предпринял покушение, жертвой которого пал Омар. В этом и другом сходном контекстах понятие ветряной мельницы равнозначно, повидимому, понятию невыполнимой химерической затеи. Однако уже в IX и X вв. н. э. имеются вполне несомненные известия о наличии в провинции Сегистан ветряных мельниц, использующих существующие там сильные воздушные течения. Первые сведения об этом исходят от Истахри и относятся примерно к 95 году н. э. Спустя триста лет Казвини (ум. в 1283 г.) утверждает, что в Сегистане повсеместно мелют муку только на ветряных мельницах.

Весьма распространено использование силы ветра для богослужебных целей. Флюгера употребляются для вращения колес с начертанными на них молитвами, причем каждый оборот колеса равносилен прочтению молитвы. Молитвенные мельницы часто встречаются в Тибете и других странах Средней Азии, а путешественник XVIII в. Паллас рассказывает, что видел сооружения этого рода у Круглого городка близ Астрахани. Источники, обработанные Горвицем, обильны и разнообразны. Нельзя отказать автору и в умении критически к ним подходить. Это особенно сказалось в анализе показаний китайской энциклопедии Теу-Хи-Хиенг 1726 г.

Статья Шульта о почтовой службе в позднее средневековье скорее относится к общей истории культуры, чем к истории техники в собственном смысле слова.

В статье о развитии новейшей часовой техники Блок сопоставляет три типа часовых механизмов: 1) обыкновенные балансирные, 2) астрономические маятниковые и 3) появившиеся в самое последнее время часы с твердым эластически колеблющимся телом, так называемые кварцевые часы.

Последняя из трех систем известна всего лишь несколько лет назад. Она появилась в результате техники высокочастотных токов и радиотелефонии. Строго говоря, это уже не часы. Устройство нового прибора основано на использовании электрических свойств некоторых кристаллов, прежде всего кварца. При эластическом изменении формы этих кристаллов в некоторых точках их поверхности возникают электрические потенциалы. Частота колебаний кристалла в сочетании с электрическими явлениями позволяет включить его в измеряющий время механизм, на подобие того, как кварцевый стабилизатор включается в систему радиопередатчика для сохранения постоянной длины волн.

Первая конструкция кварцевых часов принадлежит Мэррисону. Она улучшена в результате работ сотрудников Берлинского физико-технического института Шейбе и Адельсбергера. Эти конструкторы применяют кварцевую пластинку, колеблющуюся с ультразвуковой частотой (60 000 пер/сек.). Кварцевые часы являются лишь одним из первых шагов на пути к применению электрических волн в работе точнейших измерительных приборов.

Легкой промышленности посвящена одна только статья. Она принадлежит Остертагу и трактует об истории консервного дела. Основным фактором в развитии консервирования автор считает, во-первых, широкий импорт продуктов из-за океана и, во-вторых, необходимость приготовления запасов для довольствия армии в военное время.

Старейшими формами консервирования являются наряду с сушкой засол и погружение в рассол, иногда сопровождаемые копчением. Улучшение техники рассола впервые связано с именем рыбака Бейкельса, жившего в XIV в. во Фландрии. В XVIII в. занимался этим вопросом Иоганн-Петер Франк, опровергнувший, между прочим, распространенное в то время мнение, будто солью можно обезвредить и сохранить уже испортившийся продукт. Денису Папину принадлежит заслуга изобретения консервных банок, а Лейбниц указывал, что изготовление мясного экстракта может иметь большое военное значение. В последующем этими вопросами занимались Либих и Петенкофер. В истории холодильного дела Остертаг отмечает инициативу Бэкона, относящуюся еще к 1626 г. Теоретическую базу под холодное консервирование подвел французский химик Шарль Телье, но холодильные установки впервые выстроены англичанами и немцами. Впоследствии под руководством Телье была осуществлена первая промышленная перевозка мороженого мяса из Аргентины во Францию. С этой перевозки начался колоссальный рост мясозаготовок на американском материке, обогативший Буэнос-Айрес и поставивший его на шестое место в ряду мировых городов.

После статей в книге дается обзорный материал, отличающийся редким богатством. Библиография соперничает в нем с музееведением и небольшими этюдами полуисследовательского типа, из коих некоторые, как, например, статейка Куртцель-Куншейнера об австрийской соляной промышленности по данным живописи XVIII в., имеют первоклассный методический интерес. Музейная хроника содержит последние данные о Мюнхенском, Венском, Лондонском и других музеях. Любопытно в частности, что Лондонский научный музей в 1932 г. посетило свыше 1 242 тыс. человек. Описаны и новые приобретения этих музеев, среди которых встречаются вещи выдающегося исторического значения. Из социальных музеев широко развертывает свою деятельность горно-исторический музей в Бохуме с 40 000 экспонатов, расположенных на площади около 53 000 $м^2$. Хроника, равно как и статейный отдел, изобилует хорошо выполненными иллюстрациями.

Орган Матчоса содержит не более чем набор фактов, но собраны эти факты с заботой и умением, заслуживающими подражания. Здесь есть чему поучиться и нашим историкам техники и сотрудничающим с ними библиографам. Это относится прежде всего к литературным источникам, разнообразие которых показывает, кстати сказать, как необходимо для историка техники широкое общее и особенно общеисторическое образование. Наряду с работами по истории техники и материальной культуры постоянно используется краеведческая и даже специально туристическая литература. Так, в статье Эндереса о дорожном строительстве в Альпах использованы труды цюрихского общества изучения древностей и ежегодники клуба альпинистов. Шульте ссылается на боннскую диссертацию 1923 г., в которой сочетается материал по истории почты и... истории логики. Диссертация называется «История понятия и понятие почты».

В статье по истории горного и металлургического дела Квиринг обращается к работе о происхождении суммерийского языка. Эбелинг и Лешман пользуются научными известиями сименсовского концерна, где печатаются, кстати сказать, статьи чисто исторического содержания, как, например, «О чистоте свинца в начале нашей эры». У Горвица, кроме широко использованной антикварной литературы, упоминаются книги по истории религий, записки путешественников (в том числе и на русском языке) и т. п. Обращает на себя внимание растущее использование совершенно у нас неизвестной литературы на скандинавских языках. Ею занимаются историки металлургии, но вряд ли обойдутся без нее и историки лесотехники. Большое место занимают описания сохранившихся памятников истории техники: кузниц, зданий гидротехнических сооружений.

Внешнее оформление книги вполне отвечает высокой технической культуре германского книгопечатания.

И. Ильинский.

A History of Mechanical Inventions

Abbot Payson Usher

A History of Mechanical Inventions. Abbot Payson Usher, Associate Professor of Economics, Harvard University. First Edition. New York—London, 1929, стр. 401, рис. 148.

Работа Ушера охватывает вопросы не только истории механических изобретений, но и более общие вопросы, в которых автор крайне беспомощен.

Первая глава работы рассматривает «место технологии в экономической истории». В этой главе рассмотрены с идеалистических позиций вопросы о взаимоотношениях географического и технологического факторов, а также взаимная связь технического и социального прогрессов. Ушер тщетно пытается при этом доказать, что процесс технического развития — основной движущий фактор социального прогресса. Так же мало поучительна для нас и вторая глава, представляющая попытку дать с тех же позиций анализ процесса механических изобретений. Во второй главе значительное место уделено вопросу о роли подсознательного в изобретательстве и, вместе с тем, совершенно игнорируются социально-экономические факторы, действительная основа технического развития. Крайне характерно, что «профессор экономических наук» Гарвардского университета Ушер, доказывающий актуальность изучения истории техники для экономических дисциплин, вместе с тем на всем протяжении своей книги забывает о существовании экономических факторов и почти нигде не использует в плане истории техники экономических материалов.

Книга начинает представлять для нас некоторый интерес только с третьей главы (конечно, не в теоретической, «установочной» части), так как в ней излагается фактический материал. Эта глава трактует вопросы ранней истории «чистых и прикладных механических наук». Опять-таки и здесь автор начинает с вопросов философских, неудачно пытаясь установить взаимную связь между наукой и философией в античной Греции. Затем он переходит к вопросу о школах Аристотеля и Архимеда, рассматривает трактаты по прикладной механике, составленные античными авторами, и описывает отношение к изобретательству в античном мире.

В конце главы уделяется внимание вопросу о развитии технических наук в Средние века и вопросу о происхождении экспериментальных наук.

В начале четвертой главы, озаглавленной «Механическое оборудование в дохристианскую эпоху», автор рассматривает вопрос о машине и силится дать общие установки по вопросу о техническом развитии.

Приведя полностью определения машины, данные Уиллисом и Рело, автор упоминает и о марксовом анализе развития машин. Но этот анализ немного дал книге и автору, настолько «хорошо» знакомому с Марксом, что он ссылается на несуществующую главу несуществующей части «Капитала». Отсутствие указаний на том «Капитала» дает основание предположить, что наш ученый автор не знает даже и того, что «Капитал» — сочинение многотомное.

Во всяком случае, анализ Маркса, которому автор уделяет ровно две строчки, остался, выражаясь без полемической остроты, «вне компетенции автора».

Только со второго параграфа четвертой главы (стр. 69—382) автор, наконец, заканчивает свои философские упражнения и переходит к конкретному изложению фактического материала.

Эта часть книги построена не на основе изучения первоисточников, а главным образом на материалах общих историко-технических работ; она все же представляет для нас определенную ценность. В ней даны технически грамотное описание механических конструкций, технологическое обоснование перехода от одних конструкций к другим, недостатки предыдущих и достоинства последующих. Все это изложено, конечно, на неверном методологическом основании. Буржуазный «профессор экономических наук» твердо стоит на позициях плавной эволюции техники и проповедует вместе с тем ее самодвижение.

Итак, собственно только с 69 стр. начинается изложение фактического материала, представляющее некоторый интерес. Начинается оно с описания «простых машин» и их приложений в технической практике древних народов, данного Героном Александрийским. Это прежде всего грузоподъемные механизмы: древние египетские шадуфы и простейшие подъемные краны. Далее представлен ряд прессов различных конструкций, необходимых при обработке оливок и винограда, бегло рассмотрены водоподъемные сооружения: нория, архимедов винт, гидравлическое водоподъемное колесо. По описаниям Герона Александрийского, Витрувия и Филона Византийского, специальный параграф рассматривает самострел, водоподъемные насосы Филона и реконструкцию древнего насоса. Все эти описания со-

провождаются прекрасно выполненными иллюстрациями. Точно так же четко даны в тексте и в иллюстрациях описания водяного органа Ктезибля, ветряного органа и одного из автоматов знаменитого «театра автоматов» Герона Александрийского. Сжато и четко описаны водяные часы — клейпсидры, астрономические часы, счетчик оборотов, геодезические инструменты и т. д. Автор при этом не ограничивается рассмотрением только механических приспособлений, описанных в трактатах, но дает описание ряда средств производства, дошедших до нас в оригинальных находках, а также в изображениях, сохранившихся на древних памятниках материальной культуры. Мукомольное дело, керамика, текстиль и т. д. также нашли свое отражение в работе Ушера. Завершает главу о «технике дохристианской эпохи» параграф, дающий ряд интересных соображений и цифровых данных о неэффективности использования животной силы. Здесь приведены сопоставления мускульной силы различных животных и человека.

Пятая глава посвящена истории водяной и ветряной мельниц от 150 г. до н. э. до 1 500 г. н. э. В начале главы рассмотрены различные конструкции горизонтальных и вертикальных гидравлических колес, а также несколько мельниц, приводимых в движение водой и животными. После очень краткого описания развития ветряных мельниц и мельниц, приводимых в движение животными, уделено много места вопросу распространения водяных мельниц в Западной Европе указанного периода и переходу к всеобщему использованию гидравлической энергии.

Шестая глава книги специально рассматривает якобы плавную эволюцию водяных и механических часов с 1 600 г. до н. э. и до 1 500 г. н. э. Здесь приведены подробные описания ряда интересных арабских и других часов.

Седьмая глава рассматривает очень бегло деятельность Леонардо да-Винчи как инженера и изобретателя. Интересны отдельные замечания, связанные с вопросом о практическом значении его технических работ. Определенный интерес представляет сводка изобретений, сделанных Леонардо, с указаниями на то, какие из них приписывались впоследствии разным авторам, до тех пор пока, наконец, не удалось документально установить авторства Леонардо. Описание самих изобретений и чертежи этой главы взяты из известных работ Леонардо, данных Т. Бек, Фельдхаузом, Рихтером.

Рассматривая изобретение книгопечатания в восьмой главе, автор уделяет внимание некоторым его техническим предпосылкам и, в частности, бегло дает историю бумаги. Второй параграф этой главы представляет попытку осветить историю изобретения печатания книг при помощи наборного шрифта. Бегло отметив предшественников Гутенберга, автор более подробно останавливается на деятельности последнего. Заключительный параграф этой главы освещает главным образом историю техники приготовления самого шрифта.

Машины в текстильном производстве с 300 по 1800 г. н. э. — предмет девятой главы. Эта одна из наиболее удачных глав. В ней уделено много внимания конструкциям текстильных машин различного рода. Первые три параграфа главы говорят о влиянии восточной техники ткачества на западноевропейскую промышленность, описывают восточные ткацкие станки, развитие мотовила и сукновальни, изобретения Леонардо для текстильной промышленности и итальянские машины XVII в. для переработки шелка. Дальше подробно рассмотрены конструкции вязального и ленточного станков, а также некоторые этапы их развития. Дан ряд интересных описаний ткацких станков от станка Кея 1733 г. до станка Жаккарда. Последний параграф составляют очень краткие описания первых прядильных машин — Пауля и Уайетта, Харгревса, Кромптона, сельфактора Роберта и кольцевой ватерной машины.

Затем автор снова возвращается к истории техники устройства часов, описывая переход от производства башенных и карманных часов к производству точных инструментов. Он охватывает период с 1500 по 1800 г., подробно рассматривает развитие часов с пружиной, уделяет много внимания вопросу о часовом маятнике и дает детальное и очень интересное описание развития хронометров.

Вопросы производства и применения энергии в период с 1500 по 1800 г. рассмотрены в одиннадцатой главе. После беглой характеристики двигателей XVI в. автор останавливается на некоторых моментах развития насосов и изучения явлений, происходящих в них. Даны описания изобретений Сомерсета Ворчестера, Севери, Ньюкомена и некоторых других изобретателей XVII—XVIII вв. Кратко описана деятельность Смитона. Совершенно недостаточно внимания уделено изобретениям Уатта, двигатели которого даже не рассмотрены специально, что отчасти объясняется их широкой известностью для английских читателей.

Очень краткий очерк развития машиностроительных машин с 1450 по 1850 г. представляет предпоследняя, двенадцатая, глава, первые страницы которой заняты общими сведениями о значении металлообрабатывающих станков для промышленности. Более подробно рассмотрено развитие токарного станка, начиная с эпохи Леонардо и примерно до середины XVII в. Далее весьма подробно описана деятельность Модслея над созданием самоточки. Дано несколько штрихов по развитию сверлильных станков от описанных Бирингуччио (1540 г.) и до изобретения Смитоном и затем Вилькинсоном станков для расточки цилиндров двигателей. Заканчивается очерк краткими фрагментами из истории металлообрабатывающих станков начала XIX в.

Последняя, тринадцатая, глава книги рассматривает производство и распределение энергии с 1832 г. Упомянув о технических предпосылках создания водяных турбин, автор рассматривает развитие их конструкций, лишь схематически освещая самую сущность их работы. Здесь особенно удачно дается характеристика самой сущности новых конструкций гидравлических двигателей. Но, как и везде, самый генезис тех или иных конструкций обоснован ложно.

В том же плане дано и развитие паровых турбин от Герона и проекта Бранка до современных. В рамках хронологического описания отдельных изобретений остается также и описание самого производства электроэнергии, изобретение электрического освещения, развитие электропередач и т. д. Развитие двигателей внутреннего сгорания дано только в самых общих чертах и даже без всякого анализа конструкций.

Как показывает приведенная характеристика содержания этой работы, Ушер смог дать лишь сводку фактического материала по ряду отдельных вопросов в плане линейной хронологической перспективы. Система построения книги неудачна, философские рассуждения автора не выдерживают критики. Методологию истории техники по Ушеру можно изложить в его собственных словах так: «Нам нет необходимости входить во всю историю открытий и изобретений, важно лишь отметить хронологическую последовательность некоторых ведущих изобретений» (стр. 365). Эти слова полностью приложимы ко всей книге Ушера, о которой можно говорить всего лишь как о добросовестной популярной сводке фактического материала по истории развития отдельных механических изобретений. Искать в книге Ушера методологически ценных построений было бы, конечно, наивно. История техники у буржуазного экономиста оказалась лишенной всякого экономического содержания. Методология Ушера—голое вещеведение, нанизывание отдельных фактов на хронологические изолированные стерженьки.

Но факты эти изложены неплохо. Машины и механизмы описаны точно и понятно. Прекрасно выполнены иллюстрации. Полиграфическое оформление книги, как и большинства английских изданий, может многому научить наших издателей. Несомненным достоинством книги является библиография, приложенная в конце, и обстоятельный указатель. Жаль только, что сам Ушер в процессе работы недостаточно использовал всю литературу, им же указанную.

В.

СОДЕРЖАНИЕ „ИСТОРИИ ТЕХНИКИ“ ВЫП. IV

ОБЩЕТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ОТДЕЛ

В. Данилевский. История техники как фактор технического прогресса . . . 3
Л. Фрадкин. Историческая эволюция первого начала термодинамики 26

ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ В СССР

Б. Лахтин и В. Зеньковичч. Технические сдвиги в развитии районных электростанций СССР за первую пятилетку 46

ТЕХНИКА ДОКАПИТАЛИСТИЧЕСКОГО И КАПИТАЛИСТИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Б. Кузнецов. У истоков электромеханики 107
Я. Свиккен Т. Романов. Очерки из истории техники пищевой промышленности 136

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В ИСТОРИЧЕСКОМ ОСВЕЩЕНИИ

Б. Зубович. Проблема подшипниковых материалов в историческом освещении . 164
А. Равдель и В. Букштейн. Развитие производства жидкого топлива из каменного угля 195

ЮБИЛЕИ

Л. Белькинд. Академик Василий Петров 229

ПРОГРАММЫ

Ю. Милонов. Программа-конспект по истории строительной техники 238

ХРОНИКА

Ю. Покровский. Состояние и перспективы преподавания курса истории металлургической техники в Московском институте им. Сталина 266
А. Шмойзе. Научный музей в Лондоне 269

БИБЛИОГРАФИЯ

А. Кудрявцев. За научно-популярную книгу по истории техники 277
И. Ильинский. Опыт фашизации истории техники 281
В. А. History of Mechanical Inventions 287

ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ

„ИСТОРИЯ ТЕХНИКИ“ вып. I, изд. 2-е

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩЕТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ОТДЕЛ

А. Зворыкин. Основные вопросы преподавания и изучения истории техники . . 5

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В ИСТОРИЧЕСКОМ РАЗРЕЗЕ

В. Данилевский. Проблема турбины внутреннего сгорания 27

ТЕХНИКА ДОКАПИТАЛИСТИЧЕСКОГО И КАПИТАЛИСТИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Ю. Покровский. О некоторых основных проблемах в истории металлургии . . 56

ТЕХНИКА КАПИТАЛИЗМА В ЭПОХУ ВСЕОБЩЕГО КРИЗИСА

И. Абрамов. Техника металлургического производства в период кризиса 79

ЮБИЛЕИ

А. Рынин. Братья Монгольфье (к 150-летию первого полета). 101

ХРОНИКА

„ИСТОРИЯ ТЕХНИКИ“ вып. II

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩЕТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ОТДЕЛ

Ленин и техника 2

Б. Кузнецов. Исторические корни работ Фарадея 22

ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ В СССР

И. Миттельман. Материалы к истории теплотехники и теплоэнергетики СССР в первую пятилетку 57

ТЕХНИКА ДОКАПИТАЛИСТИЧЕСКОГО И КАПИТАЛИСТИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Ю. Милонов. Строительная техника рабовладельческого общества 88

Э. Кореневский. Из истории инструмента 100

ТЕХНИКА КАПИТАЛИЗМА В ЭПОХУ ВСЕОБЩЕГО КРИЗИСА

С. Штерлинг. Электросварочная техника США в период кризиса 137

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В ИСТОРИЧЕСКОМ ОСВЕЩЕНИИ

Н. Москвитин. Проблема электроотбойного молотка 161

ЮБИЛЕИ

А. Молотов. Исторические корни периодической системы Менделеева (к 100-летию со дня рождения Менделеева) 183

ХРОНИКА

БИБЛИОГРАФИЯ

„ИСТОРИЯ ТЕХНИКИ“ вып. III

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩЕТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ОТДЕЛ

Л. Фрадкин. Эволюция второго закона термодинамики (Сади Карно) 3
Ю. Милонов. О споре Лейбница с картезианцами по вопросу о мере движения . 37

ТЕХНИКА ДОКАПИТАЛИСТИЧЕСКОГО И КАПИТАЛИСТИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Ю. Покровский. О некоторых основных проблемах в истории металлургии (продолжение) 57
А. Осинкин. Очерки по истории искусственного волокна 84

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В ИСТОРИЧЕСКОМ ОСВЕЩЕНИИ

В. Москатов. О проблеме веса и надежности в авиомоторостроении 115

ПРОГРАММЫ

В. Данилевский. Программа по истории энергетической техники 137
Б. Маковский. Программа по истории машиностроения 146
И. Санович. Программа по истории химической технологии 154

ХРОНИКА

БИБЛИОГРАФИЯ

Аннотированный указатель статей ежегодника Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie за 20 лет (1909—1932).

2010515892